

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE
EXCRETAS: BIODIGESTOR Y LETRINA COMPOSTERA EN LA
COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA DE CHECA.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

DEISY JACQUELINE YUNGA ALVARRACÍN

deisy.yunga@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. GISSELA VILAÑA MSc.

gissela.vilana@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Deisy Jacqueline Yunga Alvarracín declaro que el trabajo de integración curricular 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.

DEISY JACQUELINE YUNGA ALVARRACÍN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Deisy Jacqueline Yunga Alvarracín, bajo mi supervisión.

ING. GISSELA VILAÑA MSc.
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DEISY JACQUELINE YUNGA ALVARRACÍN

ING. GISSELA VILAÑA MSc.

DEDICATORIA

Llena de orgullo y felicidad dedico este trabajo de integración curricular a cada uno de mis seres queridos, quienes de una u otra manera me han ayudado e impulsado a conseguir mis metas.

A mis padres Ramiro y Rosa, este logro es por ustedes.

A mis hermanos Kevin y Jason, quienes han sido parte fundamental de mi vida.

A mi familia.

A mis amigos y futuros colegas.

Deisy Yunga

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Ramiro y Rosa por ser un ejemplo de superación y trabajo duro, sin ustedes nada de esto sería posible. Agradezco las palabras de amor, el apoyo constante y la confianza que me tuvieron durante esta etapa de mi vida. A mi mamita que nunca me faltó y siempre estuvo conmigo escuchándome y dándome aliento para no desistir y a mi papi porque a pesar de la distancia siempre lo he sentido cerquita.

A mis hermanos Kevin y Jason, quienes son mi felicidad y orgullo. Gracias por darme su apoyo y levantarme el ánimo en todo momento, con sus bromas y locuras que nunca me dejan de sorprender. Son mi fuerza y mi motor para seguir adelante.

A mis tíos que a pesar de la lejanía siempre han estado para mí. En especial a mi tío Manuel, porque ha sido como un segundo padre para mí y siempre ha estado presente en cada etapa de mi vida.

A mis abuelitos, primos y familia en general, quienes siempre me han cobijado bajo su manto y me han dado palabras de aliento cuando más lo he necesitado.

A todas las personas que de una u otra manera influyeron en mi vida ayudándome a superar obstáculos y me dieron fuerza en tiempos duros, especialmente a mis amigos, Frank, Camila, Andrés, Sofia, Dylan, Nicole, José y Mishelle, quienes me acompañaron en todo este viaje de lleno de amor, risas, llantos y además me regalaron momentos y experiencias inolvidables. Los llevo en mi corazón, han sido los mejores compañeros de aventuras que pude tener durante estos años, los quiero.

A mi tutora Ing. Gissela Vilaña quien ha sido una excelente docente y la mejor guía que pude haber tenido en esta travesía. Gracias por dedicarme su tiempo y brindar su esfuerzo por sacar este proyecto de titulación adelante.

A la Escuela Politécnica Nacional por ser mi segundo hogar durante estos años de aprendizaje.

Deisy Yunga

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
GLOSARIO.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Alcance	3
1.4. Marco teórico	3
1.4.1. Saneamiento.....	3
1.4.2. Saneamiento en Ecuador.....	4
1.4.3. Aguas residuales y excretas	6
1.4.4. Deficiencia del saneamiento y consecuencias en la salud	7
1.4.5. Deficiencia del saneamiento y consecuencias en el medio ambiente.	9
1.4.6. Disposición de excretas	10
1.4.7. Biodigestor.....	12
1.4.8. Letrina compostera.....	22
1.4.9. Evaluación y selección de tecnologías	29
2. METODOLOGÍA.....	35
2.1. Lugar de estudio	35
2.2. Guía de diseño de las tecnologías	39

2.3.	Cotización de precios	40
2.4.	Matriz de decisión	46
3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
3.1.	Resultados de la evaluación de las tecnologías de saneamiento	71
3.2.	Conclusiones.....	79
3.3.	Recomendaciones	81
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
5.	ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Sistema de saneamiento con manejo de excretas adecuados y no adecuados.	5
Tabla 2.	Clasificación del agua residual.....	6
Tabla 3.	Impactos en la salud por la falta de saneamiento.	8
Tabla 4.	Sistemas de tratamiento de excretas.....	11
Tabla 5.	Relación entre la temperatura y el tiempo de retención.	16
Tabla 6.	Ventajas y Desventajas de los biodigestores.	21
Tabla 7.	Condiciones para el compostaje.	22
Tabla 8.	Mantenimiento de la letrina compostera	28
Tabla 9.	Ventajas y desventajas del uso de letrinas composteras.....	29
Tabla 10.	Variable climática para la comunidad de san Rafael – Checa.....	36
Tabla 11.	Costos de materiales para la construcción del biodigestor	41
Tabla 12.	Costos de construcción de la letrina compostera	43
Tabla 13.	Mano de obra para el biodigestor	44
Tabla 14.	Mano de obra de la letrina compostera.	44
Tabla 15.	Costos de construcción de las tecnologías de saneamiento	45
Tabla 16.	Costos de mantenimiento para el biodigestor y la letrina compostera.....	45
Tabla 17.	Costos de evacuación de lodos y excretas para el biodigestor.	46
Tabla 18.	Distancia teórica entre fuente de abastecimiento y sistema de saneamiento.	47
Tabla 19.	Calificaciones para el criterio de distancia entre fuente de abastecimiento y sistema de saneamiento.	48
Tabla 20.	Permeabilidad teórica de los suelos recomendados para la construcción de las tecnologías.....	48
Tabla 21.	Coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael	49
Tabla 22.	Calificación para el criterio basado en el tiempo de infiltración.....	49
Tabla 23.	Agua necesaria para el funcionamiento de las tecnologías de saneamiento.	50

Tabla 24.	Calificación para el abastecimiento de agua de las tecnologías.....	51
Tabla 25.	Frecuencia de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.	51
Tabla 26.	Tiempo aproximado para realizar el mantenimiento de las tecnologías de saneamiento.	52
Tabla 27.	Calificación para la frecuencia de mantenimiento	53
Tabla 28.	Facilidad de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.	53
Tabla 29.	Calificación de la habilidad requerida para la evaluación del criterio “Facilidad de mantenimiento”	54
Tabla 30.	Resultados de la habilidad requerida para realizar labores de mantenimiento de las tecnologías de saneamiento.....	54
Tabla 31.	Criterio de calificación para el parámetro Facilidad de mantenimiento.	54
Tabla 32.	Tiempo de construcción para las tecnologías de saneamiento.	55
Tabla 33.	Criterio de calificación para el tiempo de construcción.	56
Tabla 34.	Estimación de la capacidad de carga de las tecnologías de saneamiento..	56
Tabla 35.	Capacidad de carga del suelo de la parroquia San Rafael, Checa.	56
Tabla 36.	Criterio de calificación para la estabilidad del suelo	57
Tabla 37.	Área requerida para la construcción de los métodos de saneamiento.	57
Tabla 38.	Calificación de la disponibilidad del terreno.....	58
Tabla 39.	Vida útil de las tecnologías de saneamiento	58
Tabla 40.	Calificación respecto a la vida útil de las tecnologías de saneamiento.	58
Tabla 41.	Calificación sobre el uso de productos de limpieza anal para la letrina compostera.....	59
Tabla 42.	Calificación sobre el uso de productos de limpieza anal para el biodigestor.....	60
Tabla 43.	Calificación sobre la aceptación cultural.....	61
Tabla 44.	Aprovechamiento de productos finales de las tecnologías de saneamiento.....	62
Tabla 45.	Criterio de calificación para el aprovechamiento de productos fecales	62
Tabla 46.	Cantidad de agua por descarga utilizada para las tecnologías de saneamiento.	63

Tabla 47.	Calificación para el criterio de uso de agua por descarga	63
Tabla 48.	Existencia de vectores por la implementación de las tecnologías de saneamiento.....	63
Tabla 49.	Calificación para el parámetro “presencia de vectores”.....	64
Tabla 50.	Costos de construcción de las tecnologías de saneamiento	64
Tabla 51.	Calificación para el criterio de construcción	65
Tabla 52.	Costo de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento	65
Tabla 53.	Criterio del costo de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.....	66
Tabla 54.	Costos de evacuación para las tecnologías de saneamiento	67
Tabla 55.	Criterio de calificación para evacuación de lodos y excretas.....	68
Tabla 56.	Modelo de matriz de decisión para calificar las tecnologías de saneamiento.....	69
Tabla 57.	Matriz de decisión para el biodigestor	71
Tabla 58.	Matriz de decisión para la letrina compostera	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Representación esquemática de un biodigestor unifamiliar.....	13
Figura 2.	Fases de operación del biodigestor.....	15
Figura 3.	Conducción de excretas al biodigestor.....	18
Figura 4.	Partes de la letrina compostera.....	25
Figura 5.	Ubicación de la comunidad San Rafael.....	35
Figura 6.	Fuente de captación de agua de la comunidad San Rafael.....	36
Figura 7.	Quebrada límite donde termina la comunidad de San Rafael.....	37
Figura 8.	Producción de frutas, verduras y hortalizas en la comunidad de San Rafael.....	38
Figura 9.	Producción de mermelada y productos confinados por las mujeres de la comunidad.....	38
Figura 10.	Cantidad de agua utilizada para evacuación de excretas en la comunidad San Rafael.....	50
Figura 11.	Tiempo que la comunidad de San Rafael está dispuesta a otorgar para realizar labores de mantenimiento.....	52
Figura 12.	Tiempo que la comunidad de San Rafael está dispuesta a destinar para la construcción y supervisión de las tecnologías.....	55
Figura 13.	Área de terreno que la comunidad de San Rafael está dispuesta a destinar para la construcción de las TS.....	58
Figura 14.	Prácticas de higiene anal en la comunidad San Rafael.....	59
Figura 15.	Aceptación cultural para la letrina compostera.....	61
Figura 16.	Aceptación cultural para el biodigestor.....	61
Figura 17.	Ingreso económico mensual de la comunidad San Rafael.....	65
Figura 18.	Costo que la población está dispuesta a otorgar para el mantenimiento....	66
Figura 19.	Costo que la población está dispuesta a otorgar para la evacuación.....	68
Figura 20.	Comparación de los factores evaluados entre el biodigestor y la letrina compostera.....	78
Figura 21.	Realización de encuesta a ama de casa.....	163
Figura 22.	Encuesta a padre de familia.....	163

Figura 23. Recorrido de la comunidad San Rafael 163

GLOSARIO

Aerobio: Que funciona bajo la presencia de oxígeno

Anaerobio: Que funciona sin la presencia de oxígeno

ASH: Agua, Saneamiento e Higiene

Bio abono: Es un fertilizante líquido que contiene características de abonos orgánicos proporcionando al suelo características físicas, químicas y biológicas beneficiosas, ya que, estimula la granulación y mejora la estructura del suelo.

Biomasa: Es la materia orgánica vegetal o animal originada de un proceso biológico espontáneo o provocado, que se usa como fuente energética.

Biorreactor: Es un recipiente en el cual hay unas condiciones controladas que permiten el desarrollo de una reacción mediante organismos vivos o sustancias bioquímicamente activas

Excretas: Excrementos humanos compuestos de heces y orina.

Fermentación: proceso metabólico que convierte glúcidos en ácidos, en gases o en alcoholes para extraer una parte de la energía química mediante la catalización de enzimas.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es evaluar dos tecnologías de saneamiento para el manejo de excretas en la parroquia rural de San Rafael – Checa, considerando que la comunidad posee un deficiente saneamiento ya que no tienen instalaciones adecuadas para la deposición.

Dentro de la comunidad, las familias cuentan con pozos ciegos, los cuales son infraestructuras rústicas que no cuenta con ningún tipo de recubrimiento impermeabilizante o sistema de desinfección de virus y bacterias en su interior que evite el paso de patógenos al suelo o impida las filtraciones de aguas residuales, causando contaminación en el suelo y en el agua que es utilizada en la comunidad, llegando a comprometer la salud de los pobladores.

Ante esta problemática, se propuso dos tecnologías de saneamiento que pueden ser utilizadas en la comunidad a futuro, el biodigestor y la letrina compostera. Para conocer la tecnología idónea se aplicó la matriz de decisión, la cual toma en cuenta factores técnicos, sociales, ambientales y económicos.

Como resultado se obtuvo que el biodigestor tuvo aceptación del 71.66%, donde los factores técnicos representan el 34.66%, los sociales el 12%, los ambientales el 11% y los económicos el 14% del total. Mientras que la letrina compostera tuvo una calificación final del 77.22% dentro de la comunidad, de los cuales el 38.22% representa a los factores técnicos, el 12% a los sociales, el 13% a los ambientales y el 14% a los económicos. Por lo cual, se concluyó que esta última es la tecnología ideal para una futura aplicación en la comunidad.

PALABRAS CLAVE: Saneamiento, Biodigestor, Letrina compostera, matriz de decisión, factores, excretas.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate two sanitation technologies for the management of excreta in the rural parish of San Rafael - Checa, considering that the community has poor sanitation since they do not have adequate facilities for disposal.

Within the community, families have cesspools, which are rustic infrastructures that do not have any type of waterproofing coating or disinfection system for viruses and bacteria inside that prevents the passage of pathogens into the soil or prevents seepage of wastewater, causing contamination in the soil and water that is used in the community, compromising the health of the inhabitants.

Faced with this problem, two sanitation technologies were proposed that can be used in the community in the future, the biodigester and the composting latrine. To determine the ideal technology, the decision matrix was applied, which takes into account technical, social, environmental and economic factors.

As a result, it was obtained that the biodigester had acceptance of 71.66%, where technical factors represent 34.66%, social factors 12%, environmental factors 11% and economic factors 14% of the total. While the composting latrine had a final rating of 77.22% within the community, of which 38.22% represents technical factors, 12% social, 13% environmental and 14% economic. Therefore, it was concluded that the latter is the ideal technology for a future application in the community.

KEYWORDS: Sanitation, Biodigester, Composting latrine, decision matrix, factors, excreta.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La falta de infraestructura básica de saneamiento es un problema que se encuentra en 8 de cada 10 comunidades rurales del Ecuador (Molina et al, 2018). Esta mala condición de vida frecuentemente provoca enfermedades debido al contacto directo entre los recursos naturales que se encuentran contaminados con excretas y la población, ocasionando alrededor de 280.000 muertes anuales en niños y adultos mayores (Organización Mundial de la Salud, 2019).

En definitiva, el decadente manejo de excretas genera un problema de contaminación directa para el medio ambiente. Esta contaminación se da a causa del depósito de desechos sólidos a cielo abierto, los cuales por acción de la lluvia suelen ser arrastrados por la superficie provocando contaminación difusa sobre los recursos naturales que se encuentren a su paso. Esta acción contamina aguas superficiales, suelos, cultivos y sembradíos con patógenos presentes en las excretas (Young et al, 2015).

Una de las comunidades ecuatorianas que posee esta problemática es San Rafael, la cual es una de las 17 comunas que forman parte de la parroquia Checa y se encuentra ubicada al nororiente de la ciudad de Quito.

Si bien dentro de estas comunas se han implementado proyectos de saneamiento y alcantarillado, estos esfuerzos no han sido suficientes para cubrir la demanda de toda la población (8980 Hab), dejando sin el acceso a estos servicios básicos a aquellos asentamientos que se encuentran dispersos o alejados del centro de la parroquia como es el caso de San Rafael (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Checa 2012-2025, 2012).

La comuna de San Rafael está conformada por 50 familias, quienes no cuentan con un adecuado manejo de excretas, pues su método de saneamiento se basa en la instalación y uso de pozos ciegos los cuales son excavaciones en el suelo, en donde se depositan las excretas y aguas residuales de manera directa.

Estos pozos no cuentan con ningún tipo de recubrimiento impermeabilizante o sistema de desinfección de virus y bacterias en su interior. Suelen estar cubiertas por una tapa de hormigón que permite sellar la infraestructura, con una pequeña abertura para dar paso al tubo de ventilación, el cual, tiene la función de servir de escape para los gases que se forman en la cámara por la descomposición de las excretas.

Por lo antes descrito, el mal manejo de excretas repercute en la calidad de vida de la población (Montaño et al, 2009). De tal forma que, se puede optar por diferentes opciones

que permitan manejar de manera adecuada las excretas, por lo cual, las dos tecnologías de saneamiento unifamiliar para el manejo de excretas que se pretende evaluar en este proyecto son: el biodigestor y la letrina compostera.

El biodigestor es una tecnología ambientalmente sostenible, que funciona mediante la conexión de una tubería que va desde el sanitario a un tanque sellado herméticamente. Posee un tiempo de vida de entre 5 – 10 años y requiere de un mantenimiento semestral o anual, acorde al grado de uso. Los productos finales pueden ser aprovechados como biogás o fertilizante (“Biodigestores: los residuos como generadores de energía”,2021).

Por otro lado, la letrina compostera es un método de saneamiento seco, que funciona mediante la construcción de una caseta que posee dos cámaras, las cuales sirven para dividir las heces y las orinas. Cuenta con un apartado en el que se compostan las heces por un periodo aproximado de seis meses. Al cabo de este tiempo, el producto final puede ser aprovechado como fertilizante por su alto contenido de nutrientes (Mamani, 2017).

Por todo lo anteriormente expuesto, es evidente que la comunidad de Checa necesita de una correcta disposición de excretas, para ello, se realizará una evaluación de métodos para el manejo de excretas que considere las condiciones técnicas, económicas, ambientales y sociales, necesarias para encontrar la mejor alternativa de saneamiento, ya sean los biodigestores o las letrinas composteras.

1.1. Objetivo general

Evaluar dos tecnologías de saneamiento para el manejo de excretas: Biodigestor o letrina compostera, para la parroquia rural de San Rafael – Checa, la cual está conformada por 50 familias, teniendo en cuenta las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales.

1.2. Objetivos específicos

1. Establecer una guía de diseño de saneamiento unifamiliar: biodigestor o letrina compostera, para la comunidad rural de San Rafael, con la finalidad de gestionar su saneamiento.
2. Estimar los precios unitarios de la construcción de las tecnologías de saneamiento propuestas en el estudio para la comunidad rural de San Rafael en Checa.
3. Identificar la tecnología de saneamiento más idónea entre el biodigestor y letrina compostera en base a los parámetros técnicos, ambientales, sociales y económicos.

1.3. Alcance

La presente investigación tiene el propósito de evaluar la mejor tecnología de saneamiento: biodigestor o letrina compostera, de acuerdo con las condiciones técnicas, sociales, ambientales y económicas de la comunidad San Rafael.

Para la evaluación de la tecnología se levantará una línea base con información de la comunidad el cual se recopilará mediante bibliografía y visitas a la comuna, dando una visión general del área de estudio, de la población y de las condiciones de saneamiento que presentan en la actualidad. Por otro lado, para realizar la guía de diseño de las tecnologías de saneamiento, se determinarán las características del diseño mediante bibliografía (normas, guías y libros). Esta guía servirá para que las personas de la comunidad conozcan las opciones para gestionar el saneamiento. Por lo mismo, también se determinarán los precios de construcción, mantenimiento y evacuación de lodos de las tecnologías bajo asesoramiento de profesionales de la construcción (albañiles, plomeros, carpinteros), en adición a esto se realizarán cotizaciones virtuales y presenciales a ferreterías locales y nacionales para conocer el estimado de inversión que requieren las tecnologías.

Finalmente, luego de conocer el diseño y los costos de las tecnologías se evaluará cuál de las dos tecnologías es la más viable para una futura implementación dentro de la comunidad. La comparación se realizará mediante la aplicación de la matriz de decisión, que es una herramienta que permite calificar los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos, este resultado permitirá conocer la tecnología de saneamiento ideal para la comunidad de San Rafael.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Saneamiento

El saneamiento es un derecho humano indispensable para el pleno disfrute de la vida y el cumplimiento de otros derechos como la salud, nutrición y la educación (UNICEF, 2018). Es un sistema que tiene como objetivo la eliminación segura de orinas y heces. Facilita el manejo desde la contención del inodoro, hasta el vaciado, transporte, tratamiento, uso y/o disposición final (OMS, 2019).

Se considera saneamiento seguro cuando este ha sido diseñado y utilizado de manera óptima para evitar el contacto de las excretas con el ser humano. Contar con un sistema de saneamiento adecuado mejora la calidad de vida de la población y el estado del medio

ambiente, pese a esto cerca de 1.700 millones de personas a nivel mundial carecen de acceso al servicio básico de saneamiento (retretes y letrinas) de los cuales 494 millones todavía defecan al aire libre (OMS, 2022).

En las zonas rurales el saneamiento implica un gran desafío, por lo mismo es necesario incorporar variables técnicas, económicas, sociales y ambientales al momento de proponer alternativas ecológicas para la disposición de excretas (PAHO, 2010).

Algunas dificultades comunes en áreas rurales respecto al saneamiento son:

- El bajo nivel socioeconómico de las comunidades,
- Las amplias distancias entre viviendas,
- La falta de apoyo financiero y técnico,
- La falta de supervisión, apoyo y control por parte de las instituciones de saneamiento principales (PAHO, 2010).

Estas características generalmente limitan las soluciones. En muchas ocasiones los sistemas suelen ser operados por las personas que forman parte de la comunidad evidenciando la deficiencia del nivel técnico, lo cual provoca el retraso o nulo desarrollo de tecnologías de saneamiento.

1.4.2. Saneamiento en Ecuador

El deterioro del servicio de saneamiento en el Ecuador es significativo, como consecuencia la cobertura del servicio es bajo al igual que la calidad de este. En el año 2016, se dictaminó que solo el 85,9% de la población ecuatoriana contaba con servicio de saneamiento básico, es decir, poseían instalaciones adecuadas de alcantarillado y agua potable (UNICEF, 2018).

De este porcentaje, el 55,5% de los servicios básicos de agua, saneamiento e higiene (ASH, por sus siglas en español) se encontraban situados en asentamientos urbanos, mientras que el 36,4% se ubicaban en las zonas rurales, convirtiéndose en un problema mayor para los pobladores que habitaban en territorios dispersos y en cantones pequeños donde la provisión del servicio es un desafío desde la política pública (Molina, Pozo, & Serrano, 2018).

Pese a estos datos alarmantes, en el año 2016, Ecuador presentó un nuevo enfoque respecto al saneamiento en el país, en el que se incluye la gestión segura de servicios sanitarios y un particular énfasis en poner fin a la defecación al aire libre (Molina, Pozo, &

Serrano, 2018). Para lo cual, se definió sistemas de saneamiento con manejo de excretas adecuados (MEA) y no adecuados (MENA) para la eliminación de excretas.

Las instalaciones de saneamiento tienen un manejo adecuado de excretas (MAE) cuando el humano y la naturaleza no entran en contacto con ellas, como es el caso de la letrina ventilada y la letrina compostera.

Por otro lado, el manejo de excretas no adecuado (MANE) se considera cuando las excretas provenientes de las instalaciones terminan en lugares abiertos (cuerpos de agua, quebradas, calles, campos abierto o terrenos), o cuando el sistema debe ser vaciado, bajo el supuesto de que la actividad no se realice de manera profesional, puesto que, puede haber exposición directa y riesgo de contacto con heces fecales. Dentro de estas instalaciones se encuentran las letrinas sin losa, letrinas colgantes u hogares donde no existe sistema de saneamiento.

A su vez, pueden existir sistemas de saneamiento que tengan un adecuado o no adecuado manejo de excretas, dependiendo de cómo se manejen las excretas al final. Dentro de esta categoría se encuentran el pozo séptico, pozo ciego y la letrina con losa, tal como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Sistema de saneamiento con manejo de excretas adecuados y no adecuados.

Sistema de saneamiento		Manejo adecuado de excretas	Manejo no adecuado de excretas	Manejo adecuado o no adecuado de excretas
Pozo séptico				X
Pozo ciego				X
Instalaciones mejoradas*	Letrina con losa			X
	Letrina ventilada	X		
	Letrina de compostaje	X		
Instalaciones no mejoradas**	Letrina sin losa		X	
	Letrinas colgantes		X	
No existe sistema de saneamiento o le prestan			X	
Alcantarillado***		-	-	-

* Instalaciones mejoradas: son infraestructuras que disminuyen el riesgo de contacto entre el humano y las excretas.

** Instalaciones no mejoradas: Son infraestructuras que incrementan el riesgo de contacto entre el humano y las excretas.

*** Alcantarillado: No hay información sobre la eliminación de los desechos.

Fuente: (Molina, Pozo, & Serrano, 2018)

1.4.3. Aguas residuales y excretas

1.4.3.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aguas cuyas propiedades físicas, químicas y microbiológicas se encuentran afectadas negativamente por acciones antropogénicas (uso doméstico, urbano, industrial y agrícola), disminuyendo su calidad y valor de uso (Zarza, 2018).

A nivel mundial, las aguas residuales representan un desafío para el ecosistema. Cerca del 80% de aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNICEF, 2018). De este porcentaje, el 70% de aguas son extraídas para el riego, ocasionando un problema ambiental y de salud no controlado.

Sin embargo, el uso de aguas residuales no es malo. Bajo medidas de supervisión y regulación pública, las aguas residuales sirven como un recurso que proporciona agua y nutrientes seguros para la producción de alimentos, por lo cual es importante promover prácticas de uso seguro en las comunidades (OMS, 2022).

Es importante reconocer que no toda agua residual es igual y se trata de la misma manera, por lo cual, se clasifica de la siguiente manera (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación del agua residual

Clasificación		¿Qué es?	Tratamiento
Aguas residuales	Aguas grises	Agua proveniente del uso doméstico como el baño y la cocina por lo que pueden estar contaminadas con detergentes y jabones. No contienen residuos fecales y poseen un aspecto turbio.	Si. Tratamientos fisicoquímicos, biológicos y filtración.
	Aguas negras	Agua proveniente de inodoros o retretes. Está contaminada con heces y orinas.	Si. Tratamientos fisicoquímicos, biológicos y filtración.

		También se le pueden llamar aguas cloacales.	
--	--	--	--

Fuente: (Acción contra el hombre, 2022)

Tanto las aguas grises como las negras pueden ser reutilizadas luego de pasar por el sistema de tratamiento descrito anteriormente.

1.4.3.2. Excretas

Las excretas o materia fecal son el resultado de la transformación de alimentos consumidos por las personas, poseen un alto contenido de microbios, parásitos, huevos de parásitos que en casos de mala disposición pueden generar enfermedades y tornarse mortales para los humanos, a la vez que contaminan los suelos y cuerpos de agua (Mena, 2004).

El uso adecuado de las excretas hace alusión a su utilización luego de haber pasado por sistemas de tratamiento que permiten usarlos como fertilizante o acondicionadores del suelo para actividades como la agricultura o jardinería (WHO, 2006). Es importante destacar que algunos sistemas de tratamiento también pueden generar combustibles a partir de la fermentación de las excretas, los cuales son aptos para el uso en cocinas o calefones (Tilley, y otros, 2018).

1.4.4. Deficiencia del saneamiento y consecuencias en la salud

Un saneamiento deficiente reduce el bienestar humano y el desarrollo social de una población. Está asociado con la transmisión de enfermedades diarreicas como el cólera y la disentería, la fiebre tifoidea, lombrices intestinales y poliomielitis (OMS, 2022).

Según datos de la ONU, cerca de 829 mil personas de países con ingresos bajos y medianos mueren cada año a causa del mal manejo y disposición de excretas. De esta cifra, el 60% de personas (niños menores de 5 años y población vulnerable) mueren por episodios diarreicos y el porcentaje restante por enfermedades infecciosas (ONU, 2019).

A continuación, en la tabla 3, se detallan algunos impactos a la salud a causa de la falta de saneamiento.

Tabla 3. Impactos en la salud por la falta de saneamiento.

	Patógeno	Vía de transmisión	Impactos en la salud
Bacterias	<i>Campylobacter spp</i>	Por agua y alimentos.	Diarrea
	<i>Clostridium difficile</i>	De persona a persona (mala higiene)	Diarrea
	<i>E. coli</i> (enterohemorrágica)	Por alimentos y de persona a persona	Alto riesgo de mortalidad.
	<i>Helicobacter pylori</i>	De persona a persona (mala higiene)	Gastritis aguda y úlceras pépticas.
	<i>Salmonella enterica typhi</i>	Por agua y alimentos	Alto riesgo de mortalidad
	<i>Shigella dysenteriae</i>	De persona a persona.	Diarrea grave y disentería.
	<i>Vibrio cholerae</i>	De persona a persona.	Diarrea aguda. Alto riesgo de mortalidad
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Por agua y alimentos	Diarrea acuosa y adenitis mesentérica
	<i>Organismos patógenos</i>	De persona a persona	Afecciones extraintestinales e infecciones de sangre y de las vías urinarias.
Virus	<i>Adenovirus</i>	De persona a persona. Por vía fecal – oral.	Gastroenteritis y diarrea prolongada
	<i>Astrovirus</i>	De persona a persona. Por agua.	Diarrea
	<i>Enterovirus</i>	De persona a persona.	Diversos síntomas clínicos.
	<i>Hepatitis A y E</i>	Por agua y alimentos. De persona a persona.	Hepatitis aguda.
	<i>Norovirus</i>	De persona a persona. Vía oral – fecal. Por agua y alimentos.	Gastroenteritis.
	<i>Poliovirus</i>	De persona a persona.	Asintomática y en pequeña cantidad causa parálisis.
	<i>Rotavirus</i>	De persona a persona	Gastroenteritis, diarrea, vómito.
	<i>Sapovirus</i>	De persona a persona. Vía oral – fecal.	Diarrea aguada y vómito.
Protozoos	<i>Cryptosporidium spp</i>	De persona a persona. Por agua y alimentos.	Diarrea
	<i>Ciclospora cayetanensis</i>	Por agua y alimentos.	Diarrea
	<i>Entamoeba histolytica</i>	De persona a persona. Por agua y alimentos.	Diarrea, disentería amebiana y abscesos hepáticos.
	<i>Giardia intestinalis</i>	Por animales	Diarrea
Helmi	<i>Ascaris lumbricoides</i> (lombriz intestinal)	Por tierra y alimentos contaminados	Obstrucción del intestino delgado.
	<i>Diphyllobothrium latum</i>	Por alimentos	Tenia intestinal

<i>Uncinaria Ancylostoma duodenale Necator americanus</i>	Por la piel	Asintomático, dolor abdominal.
<i>Himenolepis spp.</i> (Tenia enana)	Por alimentos, agua y suelo contaminados.	Dolor abdominal leve
<i>Schistosoma haematobium</i>	Por la piel y agua.	Enfermedades crónicas y agudas.
<i>Tenia solium</i> (Tenia del cerdo)	Por alimentos. De persona a persona	Sistema nervioso central, ojos y piel.
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Por la piel	Dolor e hinchazón abdominal
<i>Tenia saginata</i> (Tenia de la carne de res)	Por alimentos.	Efectos menores

Fuente: (OMS, 2019)

Vivir en condiciones insalubres puede ocasionar serias secuelas a largo plazo en niños, mujeres embarazadas y adultos mayores como un retraso o falla en el crecimiento, bajo peso al nacer, neumonía, anemia, obstrucción en el trabajo de parto, deterioro de la función cognoscitiva, episodios repetidos de diarrea, etc (UNICEF; WHO; World Bank, 2018). Por lo cual, tomar medidas preventivas y correctivas es fundamental para evitar la exposición de los seres humanos a infecciones y enfermedades que pueden ser mortales.

1.4.5. Deficiencia del saneamiento y consecuencias en el medio ambiente.

La mala disposición de excretas ocasiona serios problemas de contaminación ambiental en recursos naturales como el agua y el suelo.

1.4.5.1. Contaminación del agua

Más del 80% de aguas residuales producto de la deposición son vertidas a cuerpos de agua (ríos, lagos, mares) de manera directa, sin ningún tipo de tratamiento generando problemas en la flora y fauna (ONU, 2019).

Al no ser capaces de neutralizar y absorber las altas tasas de carga contaminante todo el equilibrio ecológico se altera, provocando una pérdida de su apariencia física por la eutrofización (exceso de nutrientes inorgánicos, principalmente nitrógeno y fósforo) y la incapacidad de albergar vida en su entorno (Rodríguez, 2017).

1.4.5.2. Contaminación del suelo

El suelo es un recurso no renovable (su degradación es mayor que su capacidad de renovación), en el que se desarrolla la vida. Tiene la capacidad de proporcionar nutrientes, agua y minerales a las plantas, sirve de hogar para insectos y microorganismos y es una gran fuente de carbono (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, 2018).

El suelo presenta una alta tasa microbiológica, característica que genera resiliencia ante la contaminación, sirviendo como filtro y amortiguador para los contaminantes.

La deposición inadecuada y continua de las excretas al aire libre contamina el suelo de manera directa. Contaminación que se puede extender en grandes áreas por diversos factores como la lluvia, los animales y el pisoteo de personas (Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez - CAR, 1986).

Esta actividad genera consecuencias como:

- Contaminación de cultivos (hortalizas)
- Aumento de la concentración de nutrientes, sales y metales pesados en el suelo.
- Pérdida de la capacidad productiva del suelo

Por lo cual, contar con un manejo correcto de excretas permitirá el buen funcionamiento del suelo y el mantenimiento de la vida.

1.4.6. Disposición de excretas

La disposición de excretas es uno de los pilares básicos dentro del saneamiento, pues, permite mantener condiciones adecuadas de ASH (agua, saneamiento e higiene) necesarias para tener una buena calidad de vida.

Como se ha mencionado con anterioridad, las comunidades más afectadas por la deficiencia de saneamiento son aquellas asentadas en sectores rurales, debido a causas como el difícil acceso vehicular, altos costos de implementación de obras e incluso la distribución de hogares, lo que no permite brindar el sistema de alcantarillado adecuado.

En la actualidad, existen algunas tecnologías sustentables que permiten a las comunidades rurales solucionar el problema de saneamiento, a la vez que se promueve el desarrollo humano y el cuidado del ambiente (Cárdenas & Parrales, 2017).

1.4.6.1. Tecnologías de disposición de excretas

Las tecnologías de disposición de excretas son sistemas que permiten mejorar las condiciones de saneamiento en comunidades que no cuentan con servicio de alcantarillado. Se centran en recolectar, tratar y brindar la disposición final a las excretas (PAHO, 2010).

Dentro de este parámetro se encuentran las tecnologías de saneamiento de uso unifamiliar, los cuales son sistemas diseñados para el uso exclusivo de los integrantes del hogar sin tener que recurrir al préstamo o alquiler del servicio.

En la tabla 4, se encuentran detallados los sistemas de tratamiento de excretas en seco y con uso de agua.

Tabla 4. Sistemas de tratamiento de excretas

Tecnologías de tratamiento de excretas en seco	Tecnologías de tratamiento de excretas con uso de agua:
Letrina de hoyo ventilado	Pozos sépticos
Letrina compostera	Biodigestores
Letrina de pozo anegado	Baño de arrastre hidráulico

Estas tecnologías funcionan bajo procesos aerobios y anaerobios.

1.4.6.1.1. Procesos aerobios

Son comprendidos por biorreactores aireados, en el cual las aguas residuales sirven como sustrato para la fermentación en la fase líquida. Con este proceso se capta agua tratada, biomasa y gases al ambiente. Su funcionamiento representa altos costos de operación, pero pueden tratar grandes cantidades de flujo (SICA, 2013).

1.4.6.1.2. Procesos anaerobios

Trabajan con reactores biológicos sin ningún tipo de aireación, tienen el mismo proceso de fermentación que los procesos aerobios, sin embargo, presentan una actividad biológica menor, tienen costos de operación más bajos (porque no necesitan aireación) y una mayor conversión de carga para el tratamiento (SICA, 2013).

Dentro de este tipo de procesos para el tratamiento de excretas se encuentran los biodigestores y las letrinas composteras, las cuales debido a su mecanismo de

funcionamiento (que se detallarán más adelante) requieren de características puntuales de aireación para obtener los resultados deseados producto de la fermentación.

1.4.7. Biodigestor

Los biodigestores son un tipo de tecnología de saneamiento sustentable que ha tomado fuerza en los últimos años, se encuentra definida como un recurso que produce energía secundaria (transformación de energía primaria en productos de alta calidad) mediante la aplicación del proceso de fermentación (Deublein & Steinhauser, 2008).

Un biodigestor es un contenedor hermético e impermeable dentro del cual se depositan las excretas provenientes del sanitario del hogar. Es una cámara donde las heces y orinas se descomponen por la acción de microorganismos anaerobios generando biogás (mezcla de metano, dióxido de carbono y otros vestigios gaseosos) y fertilizantes libres de patógenos (biol) (Tilley, y otros, 2018).

Es una tecnología que puede ser implementada en comunidades rurales con poblaciones menores a 2500 habitantes o en asentamientos con viviendas dispersas, con un suministro y capacidad de agua suficiente, ya que necesita un aporte de agua de entre dos y tres veces el volumen de la materia orgánica a digerir (Tilley, y otros, 2018).

1.4.7.1. Beneficios del biodigestor

Los biodigestores funcionan a partir de la fermentación de materia orgánica, lo que lo convierte en un sistema sustentable y eco amigable, al reducir la huella de carbono y generar productos finales aprovechables para las comunidades (biogás y fertilizantes).

Además, reduce el potencial contaminante proveniente de la incorrecta disposición de excretas en aguas superficiales y suelos. Los biodigestores contribuyen a la disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO) hasta en un 90% preservando el entorno natural.

La implementación de los biodigestores permite solventar la problemática energética y controlar la disposición final de excretas en comunidades rurales que carezcan de servicio de saneamiento, así como en países subdesarrollados.

Los productos finales del biodigestor ayudan económicamente a los usuarios, puesto que el biogás al ser una fuente de energía limpia y renovable reemplaza el gas natural o el gas licuado de petróleo (GLP) utilizado para acciones como cocinar, calentar o iluminar. Así

mismo, proporciona el biol que es un fertilizante rico en nutrientes que puede ser aplicado en la tierra como abono orgánico mismo que puede ser utilizado por los usuarios o vendida a agricultores (Wellinger, Murphy, & Baxter, 2013).

1.4.7.2. Partes de un biodigestor unifamiliar

Un biodigestor está compuesto por varias partes que permiten su funcionamiento. Todos los biodigestores deben contar principalmente con la entrada de excretas y aguas negras, un tubo de extracción de lodos y la salida de agua tratada. Para el aprovechamiento del biogás, es necesario un sistema de control de presión y un punto de muestra. Este esquema se puede observar en la figura 1.

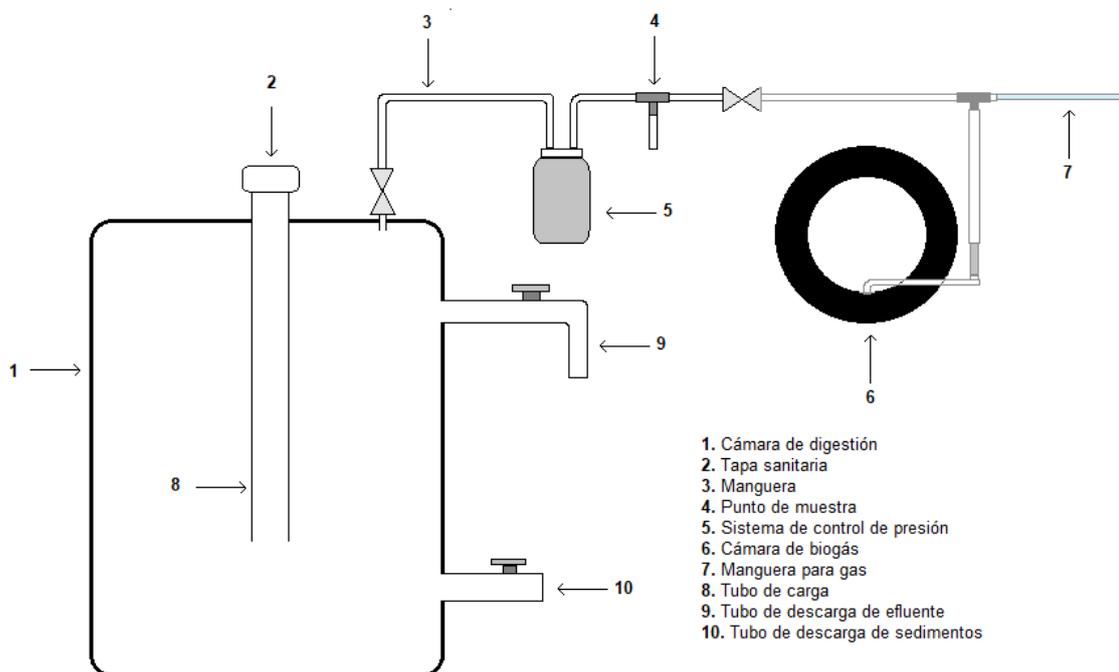


Figura 1. Representación esquemática de un biodigestor unifamiliar

Fuente: Elaboración propia, 2022.

1. **Cámara de digestión:** Es el compartimento donde se produce la digestión, en general está diseñada para realizar la digestión anaerobia y permitir el almacenamiento de lodos.
2. **Punto de muestra:** Sirve generalmente para corroborar que los parámetros como la temperatura interna, el pH y otros parámetros fisicoquímicos se desarrollen con normalidad dentro del digestor (SERMANAT, Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2010).

3. **Sistema de control de presión:** Tiene la función de controlar la presión dentro del tanque, esto permitirá mejorar la operación y aumentar la eficiencia de los equipos que utilicen biogás como combustible. La botella de agua y el tubo sumergido en él, servirá como un barómetro de agua casero, en el cual se puede observar como el agua sube y baja dependiendo del cambio de presión (Ron, 2018).
4. **Cámara de biogás:** Se encuentra en la parte superior de la cámara, permite colectar el gas compuesto por una mezcla de metano y dióxido de carbono, que pueden ser utilizados como fuente de calor, luz o electricidad (Tilley, y otros, 2018)
5. **Tubo de carga:** Es el punto que permite la entrada continua de las excretas hacia el biodigestor, generalmente está compuesto por un tubo de PVC que se coloca en la parte superior del tanque. El tubo debe estar lleno de excretas por al menos 15 cm del fondo del tanque para evitar que entre aire o escape biogás (Tapia, 2016).
6. **Tubo de descarga:** Este tubo se encuentra ubicado en el nivel inferior del biodigestor, descarga los lodos sedimentados mediante la activación de una llave de paso, también se le conoce como el tubo de limpieza ya que es abierto únicamente para dar mantenimiento al biodigestor cuando este lo requiera.

Un desafío presente en el biodigestor es la producción de sulfuro de hidrogeno (H_2S), este compuesto es problemático por su toxicidad, propiedades corrosivas y hedor. Es importante eliminar el H_2S con el fin de evitar daño en las instalaciones, para esto se sugiere pasar la corriente de biogás por un cartucho relleno con lima duras, viruta de hierro o clavos (Martinez, 2020).

1.4.7.3. Funcionamiento del biodigestor

El biodigestor funciona bajo un proceso de digestión anaerobia. Este proceso se divide en tres fases: la entrada de excretas, la digestión con bacterias y la salida de biogás (Okelo, 2022).

Inicialmente, las excretas (orinas y heces) entran a la cámara de digestión a través del tubo de carga. Luego de un tiempo, los desechos sólidos se sedimentan en el fondo del tanque y se separan de las aguas negras.

La falta de aire y la existencia de microorganismos degradarán los desechos. El lodo generado no presenta malos olores y los patógenos se encuentran inactivos, además es rico en nutrientes orgánicos, por lo que como se ha mencionado anteriormente puede ser utilizado en la agricultura.

De la misma manera, las bacterias descompondrán las aguas negras en aguas libres de patógenos, que una vez alcancen la capacidad de la cámara deben ser liberadas hacia el exterior y pueden ser utilizadas como fertilizante mediante una dilución 1:2 con agua pura (Okelo, 2022).

La formación de biogás se lleva a cabo en la parte superior de la cámara (Tilley, y otros, 2018). El gas será transportado mediante la manguera y será conducido hacia la cámara de almacenamiento de biogás.

En la figura 2, se puede observar las fases de operación que tiene el biodigestor, desde la fase de llenado hasta el aprovechamiento de los productos finales.

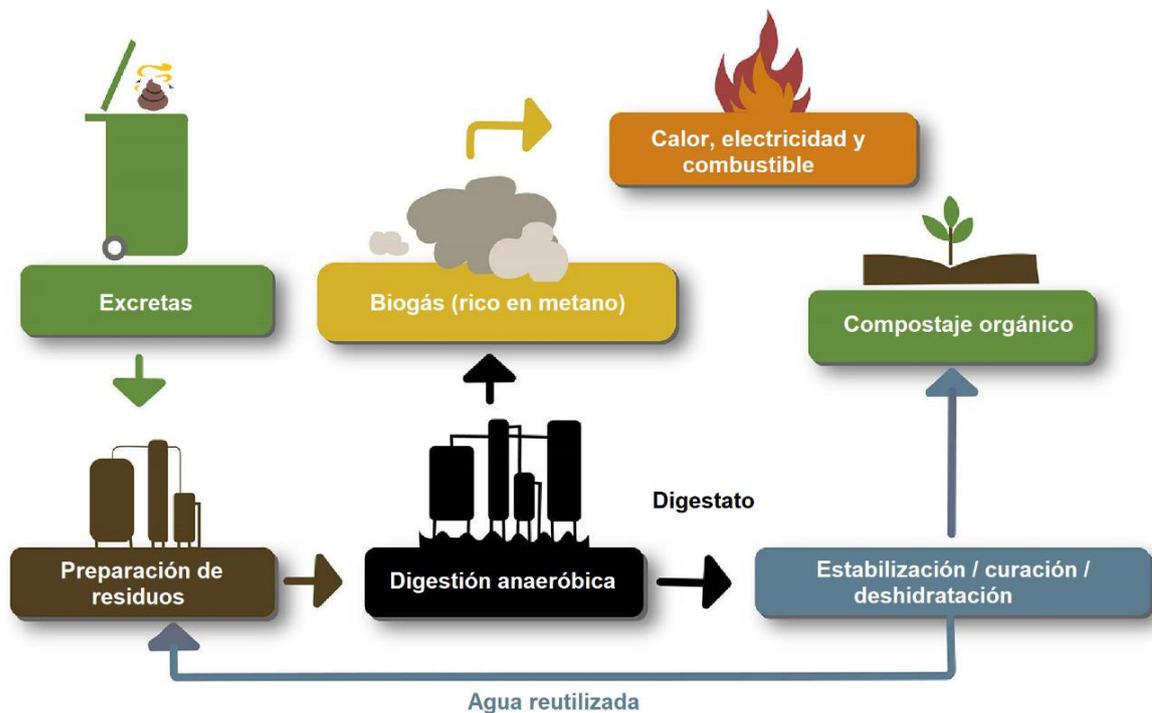


Figura 2. Fases de operación del biodigestor.

Fuente: (Agricultural Utilization Research Institute, 2020)

1.4.7.3.1. Tiempo de retención hidráulico

El tiempo de retención hidráulico (TRH) es la cantidad de días necesarios para que la carga diaria (materia orgánica + agua) permanezca dentro del biodigestor y sirva de alimento para las bacterias. Generalmente este tiempo varía de un periodo de entre 20 y 60 días, con cargas que van entre 1 y 5 kg de sólidos totales por m³ de digestor (Arrieta, 2016).

La velocidad con la que se degradan las excretas depende de la temperatura. Esta característica influye de manera inversamente proporcional con el TRH como se puede observar en la tabla 5. Los climas cálidos o lugares con altas temperaturas tendrán tiempos de retención menores, lo que permite obtener una producción de biogás eficiente, caso contrario sucede con aquellos lugares con climas fríos donde el TRH aumenta y la producción de biogás disminuye (Varnero, 2011).

Tabla 5. Relación entre la temperatura y el tiempo de retención.

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
30	20
20	30
10	60

Fuente: (EcolInventos, 2022)

1.4.7.3.2. Carga diaria de mezcla para el biodigestor

Es la carga de mezcla que se deberá proporcionar diariamente al biodigestor para que el sistema funcione de manera adecuada. La carga se constituirá por la mezcla de un 20% de material orgánico (excretas) y de un 80% de agua y tiene una relación directa con el volumen total de trabajo (capacidad del bidón).

El volumen total de trabajo y la carga diaria están representadas por las ecuaciones 1 y 2.

$$VT = CTT * 0.75$$

Ecuación 1. Volumen total de trabajo

$$CD = \frac{VT}{TR}$$

Ecuación 2. Carga diaria de mezcla

Donde:

$VT = \text{Volumen de trabajo (L)}$

$CTT = \text{Capacidad total del tanque (L)}$

$CD = \text{Carga diaria de mezcla que se debe añadir (L/días)}$

$TR = \text{Tiempo de retención (días) (tabla 5)}$

En el anexo I, se observa un ejemplo de cálculo donde se aplican las ecuaciones 1 y 2 con la finalidad de conocer la carga diaria para un biodigestor ubicado en San Rafael, considerado por tener un clima frío.

1.4.7.4. Modo de uso de un biodigestor unifamiliar

El biodigestor es una tecnología que a breves rasgos simula el alcantarillado. Necesita una conexión mediante una tubería que permite conducir las excretas desde el sanitario hasta el biodigestor (Figura 3). Este sistema debe colocarse aguas abajo del baño para facilitar el paso de excretas y evitar obstrucciones en la tubería.

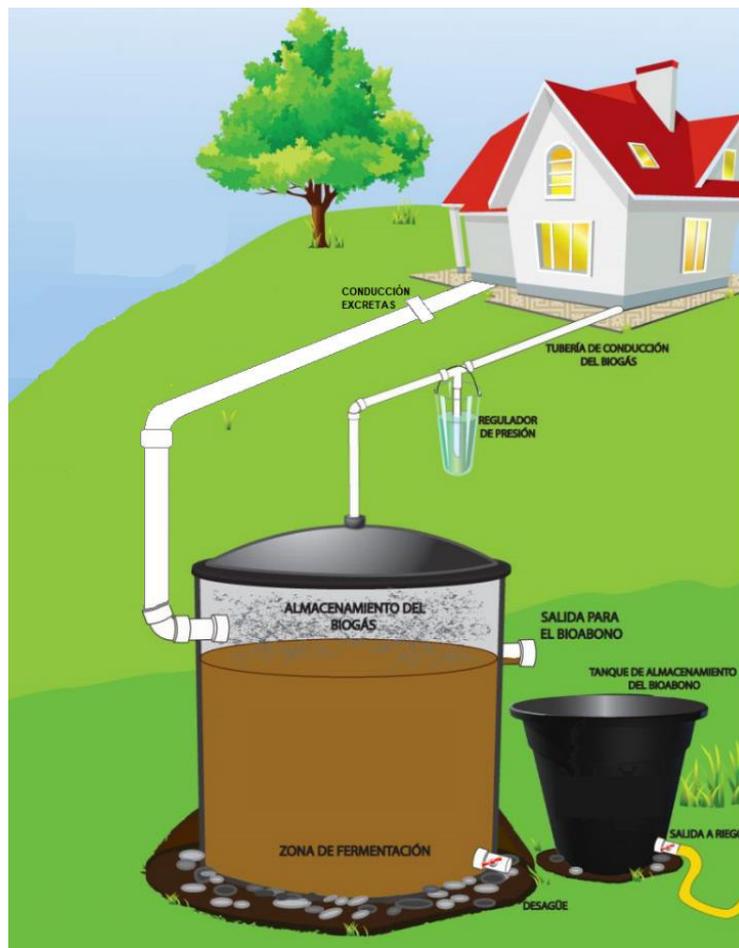


Figura 3. Conducción de excretas al biodigestor

Fuente: (Rotoplas, 2018)

Al ser una tecnología que funciona con agua, la descarga de excretas desde el sanitario no debería representar algún problema. Sin embargo, el usuario debe estar consciente que la cámara de digestión debe descargarse cuando se llene, para evitar que haya desbordamiento del líquido. Para realizar esta actividad se debe abrir la válvula de salida de bioabono y purgar el lodo hasta llegar al nivel de los sedimentos (Rotoplas, 2013).

De igual manera, la tubería de conducción de biogás ubicada en el biodigestor debe ser monitoreada constantemente, así como el regulador de presión, como un método de prevención para evitar fugas y pérdidas de biogás.

No se debe arrojar papel higiénico u otro material sólido en el inodoro porque puede bloquear la conexión al biodigestor causando obstrucciones innecesarias.

Alimentar diariamente al biodigestor con la mezcla orgánica (20% material orgánico y 80% agua) para favorecer el flujo de biogás y la degradación de los desechos (Okelo, 2022).

1.4.7.5. Condiciones para el uso del biol, el biosol y el biogás.

1.4.7.5.1. El biol

El biol es un abono orgánico resultante de la digestión anaerobia. Consiste en una pequeña cantidad de material no digerido y microorganismos no activos. Es un producto líquido rico en nutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P). Puesto a que no tiene ninguna toxicidad puede ser utilizado como fertilizante para mejorar la calidad del suelo, también puede ser vendido a agricultores en casos de gran producción (Mallikarachchi, 2020).

Para usar el biol, se extrae el material de la cámara de digestión y se coloca en un lugar a temperatura ambiente donde no exista contacto directo con la lluvia, sol o viento. Este material puede ser almacenado hasta por 6 meses en galoneras herméticas. Para ser utilizado debe ser diluido en agua en concentraciones de 1:3, es decir, en 1 L de biol se deben añadir 3L de agua. La cantidad de biol que se esparza dependerá de lo que requiera el usuario.

Finalmente, no se recomienda utilizar el biol directamente en cultivos u hortalizas, sino que es preferible utilizarlo en plantas con tallo largo o árboles ya que esto estimula el florecimiento del fruto y favorece al enraizamiento de la planta.

1.4.7.5.2. El biosol

Es un material orgánico que se genera en el biodigestor, se caracteriza por ser sólido y poseer una alta carga de nutrientes (P, N, K) que influyen positivamente en el crecimiento de las plantas. Fortalecen el tallo y mejora la cantidad y calidad de las plantas a las cuales se les aplica este fertilizante (Cabos Sánchez, 2019)

Para su obtención primero se debe abrir la válvula de extracción de lodos ubicados en la cámara de digestión y se debe permitir el paso de estos hacia un tanque adecuado con orificios que permita la filtración de los líquidos al suelo (inofensivo) reteniendo así solo los lodos para el posterior secado.

Para realizar el secado, se mezcla los lodos con cal al 10% (1 kg de cal en 10 kg de biosol) y se deja secar por un periodo de 3 meses, removiendo y agregando cal a la superficie cada mes (Mantenimiento y Precauciones del Biodigestor Rotoplas, 2019).

Pasado el periodo de 3 meses, el biosol puede ser usado de manera directa sobre la tierra, esparciéndolo en el campo, al pie de árboles y arbustos o puede ser enviado al relleno sanitario para su disposición final.

1.4.7.5.3. El biogás

El biogás es un tipo de combustible natural producto de la descomposición de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio (sin presencia de oxígeno). Es un subproducto que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos debido a la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas). Está compuesto por gases primarios como son el metano (CH₄), el dióxido de carbono (CO₂) y cantidades pequeñas de otros gases (Homebiogas, 2021).

El biogás es un gas renovable, produce energía limpia y disminuye la cantidad de carbono que se libera a la atmósfera a causa de la deforestación. Impactando de manera positiva al ambiente y a la economía del hogar.

La producción de biogás es un factor que no puede ser controlado en su totalidad, depende netamente de un proceso biológico. Se genera en mayor cantidad en climas calientes (Homebiogas, 2021). Puede ser utilizado como cualquier otro combustible, para generar calor, iluminación, calefacción o electricidad debidamente adaptado para tal efecto (Sacher, Dumlao, & Gensch, 2019).

1.4.7.6. Mantenimiento del biodigestor

El biodigestor necesita de mantenimiento cada cierto periodo de tiempo con el objetivo de conservar y preservar la tecnología.

1.4.7.6.1. Purga de lodos

Esta actividad se realiza cuando la cámara de digestión se encuentre lleno al 75% de su capacidad. Para llevar a cabo la purga de lodos hay que abrir la válvula de salida de sedimentos y expulsar los lodos que son espesos y negros. La válvula se cierra cuando empieza a salir lodo café. Esta actividad se llevará a cabo entre 3 a 10 minutos.

$$Frecuencia\ de\ purga\ de\ lodos = \frac{VT\ (L)}{CD\ (\frac{L}{días})}$$

Ecuación 3. Frecuencia de purga de lodos

Donde:

VT = Volumen de trabajo (L)

CD = Carga diaria de mezcla que se debe añadir (L/días)

Para conocer el tiempo estimado de la purga de lodos, se presenta el ejemplo de cálculo situado en el Anexo I.

1.4.7.6.2. Limpieza del tanque

El tanque debe ser limpiado cada año para evitar obstrucciones en las tuberías, a causa del material solidificado o sedimentado. Para esta acción hay que vaciar todo el líquido contenido en el biodigestor a través de la válvula de salida de efluente y luego purgar los lodos y sedimentos contenidos en la cámara (Rotoplas, 2013).

1.4.7.6.3. Remoción de material flotante

El material flotante (grasas), debe ser removido al menos una vez por año con la ayuda de un cedazo o una pala de grasa. Esta acción evita la obstrucción de tuberías.

El material removido, debe ser mezclado con cal y dispuesto en el relleno sanitario (Rotoplas, 2013).

1.4.7.6.4. Cambio de tuberías y mangueras

El cambio estos materiales debe realizarse cuando se identifique que existen fisuras, roturas o daños en las tuberías y mangueras.

1.4.7.7. Ventajas y desventajas de los biodigestores

En la siguiente tabla 6, se enlistan algunas ventajas y desventajas de la construcción de biodigestores.

Tabla 6. Ventajas y Desventajas de los biodigestores.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Reduce el efecto invernadero, las emisiones de gases provenientes de desechos orgánicos o estiércol se aminoran (Holm-Nielsen, Al Seadi , & Oleskowicz - Popiel, 2009)• Existe una mejora en los fertilizantes debido a las propiedades provenientes del biol.• Trata los desechos orgánicos presentes en las aguas negras (Tilley, y otros, 2018)• El gas producido puede satisfacer la demanda energética de las comunidades.• Los lodos tratados en la cámara (efluente) sirven como fertilizante (Tilley, y otros, 2018)• Larga vida útil entre 5 – 10 años.• Bajos costos de operación ya que no requiere energía eléctrica para llevar a cabo el proceso de descomposición.	<ul style="list-style-type: none">• El diseño y construcción del biodigestor debe ser llevado a cabo por expertos.• Los patógenos no se eliminan por completo, por lo que se necesita de un tratamiento adicional para el biol.• En ciertos casos, puede existir una producción de gas pequeña, misma que no puede ser aprovechada.• Para que funcione el reactor, necesita un suministro de materia orgánica constante.• Riesgo de accidentes por explosión o incendios por el mal manejo del biogás.• La temperatura puede ser limitante en zonas frías.• Costos de construcción altos.• Produce H₂S, un producto tóxico y corrosivo, lo que genera menos metano.• Debe ubicarse cerca de la zona donde se recoge el sustrato y la zona de consumo.

Fuente: (Avilana, 2014)

1.4.8. Letrina compostera

La letrina compostera es una tecnología sencilla, diseñada para destruir patógenos presentes en las heces fecales y capaz de convertir las excretas en productos aprovechables (Krososky, 2020).

Es un sistema ecológico que funciona en seco, por lo cual cuenta con un sistema de separación de heces y orina, característica que la distingue de las demás tecnologías.

Permite transformar las orinas en fertilizante líquido y las heces en compost mediante el proceso de descomposición aerobia (Letrinas aboneras ecológicas Ecosan con separación de orina, 2021).

1.4.8.1. El compost

Es el producto resultante del reciclaje y conversión de materia orgánica. Tiene alto contenido de nutrientes como Nitrógeno (N) y fósforo (P), por lo cual son bien aceptados por las plantas y puede ser utilizados en jardinería, horticultura y agricultura como abono y para el mejoramiento del suelo. (Hu, 2020).

Es libre de patógenos y gérmenes, por lo tanto, los suelos no corren riesgo al momento de ser “alimentados” con el mismo.

1.4.8.1.1. Condiciones para el compostaje

El compostaje necesita de cuatro elementos claves para ser un proceso exitoso: nitrógeno (N), carbono (C), aire y agua. El triunfo del proceso se obtiene cuando los elementos se mantienen equilibrados (Hu, 2020).

Tabla 7. Condiciones para el compostaje.

Elementos	Observación
Relación C/N	La proporción ideal de C/N para que la pila de compostaje se descomponga de manera adecuada es: 30 partes de C por una parte de N. Cuando la relación C/N se encuentra desbalanceada y tiene alto contenido de C la pila de compostaje estará más seca y tardará en descomponerse, mientras que altas cantidades de N generará como resultado pilas viscosas, húmedas y malolientes (Hu, 2020).

Aire	La aireación es importante para mantener vivos a los microorganismos aerobios, ya que acelera el proceso de compostaje. Se recomienda realizar la aireación de la pila de compostaje al menos una vez por semana.
Humedad	La humedad de la pila de compostaje debe variar entre el 30% – 40%. En caso de que la pila esté muy húmeda debe agregarse un filtro de lixiviados, por lo que el tanque de compostaje debe contar con orificios en la parte inferior del tanque.
Temperatura	La temperatura del compostaje debe variar entre 35 - 65°C. Por lo cual, se debe monitorear constantemente esta variable. (Mancomunidad de Residuos Domésticos de Cinco Villas Bortziriak., 2022). Las altas temperaturas indican que los macro y microorganismos aerobios han descompuesto los desechos. Estas temperaturas matan bacterias y semillas de malezas (Hu, 2020).

1.4.8.2. Fertilizante líquido

La orina es un líquido acuoso transparente y amarillento proveniente del cuerpo humano que suele encontrarse libre de patógenos. Mediante una dilución 1:1 con agua la orina funciona como fertilizante líquido por ser un gran poseedor de nutrientes como fósforo (40 - 50%), potasio (50 - 60%) y nitrógeno (75 - 80%).

Al diluirse el fertilizante, el fósforo se encuentra en su forma asimilable permitiendo que las plantas lo absorban. Este compuesto es vital para el crecimiento y salud de las plantas (Gruposacsa, 2016).

El fertilizante puede ser incorporado en cultivos y en suelos que han sufrido algún daño por la aplicación de fertilizantes comerciales. Además, su uso puede contribuir a la mitigación de la pobreza y la desnutrición, ya que permite ampliar la seguridad alimentaria mediante la aplicación de un fertilizante que está disponible de manera gratuita (Richert, Gensch, Jonsson, Stenstrom, & Dagerskog, 2011).

1.4.8.3. Beneficios de la letrina compostera

La letrina compostera es una tecnología sustentable. Reduce el consumo de agua, el impacto ambiental, la dependencia de servicios de plomería y artefactos de plástico necesarios en otros sistemas de saneamiento (Vinje, 2020).

Es una tecnología que permite ahorrar al menos 35000 L de agua por año. Agua que puede ser destinada a otros fines como uso doméstico (baño, cocina), en la agricultura o en actividades recreativas.

Reinserta los desechos a un nuevo ciclo de vida. El compost tiene algunas limitaciones al momento de usarlo, sin embargo, esta práctica permite usar el material de desecho como compost, sirviendo de alimento para la tierra y mejorando las condiciones ambientales (Nature Loo, 2021).

Requiere costos mínimos para su implementación, puesto que no necesitan de materiales extras como tuberías o partes móviles que usualmente suelen romperse o agrietarse con facilidad.

Aprovechan espacios pequeños. La letrina compostera no requiere de grandes espacios para la implementación. Al ser una tecnología en seco pueden ser localizadas sobre lozas de concreto o tablones, no requiere de conexión a agua de la ciudad, ni necesita de una cisterna para almacenar agua (Nature Loo, 2021).

1.4.8.4. Partes de una letrina compostera

La letrina compostera es una tecnología sencilla, donde los componentes principales son la cámara de separación de orinas/heces y el espacio o tubo de ventilación (Figura 4).

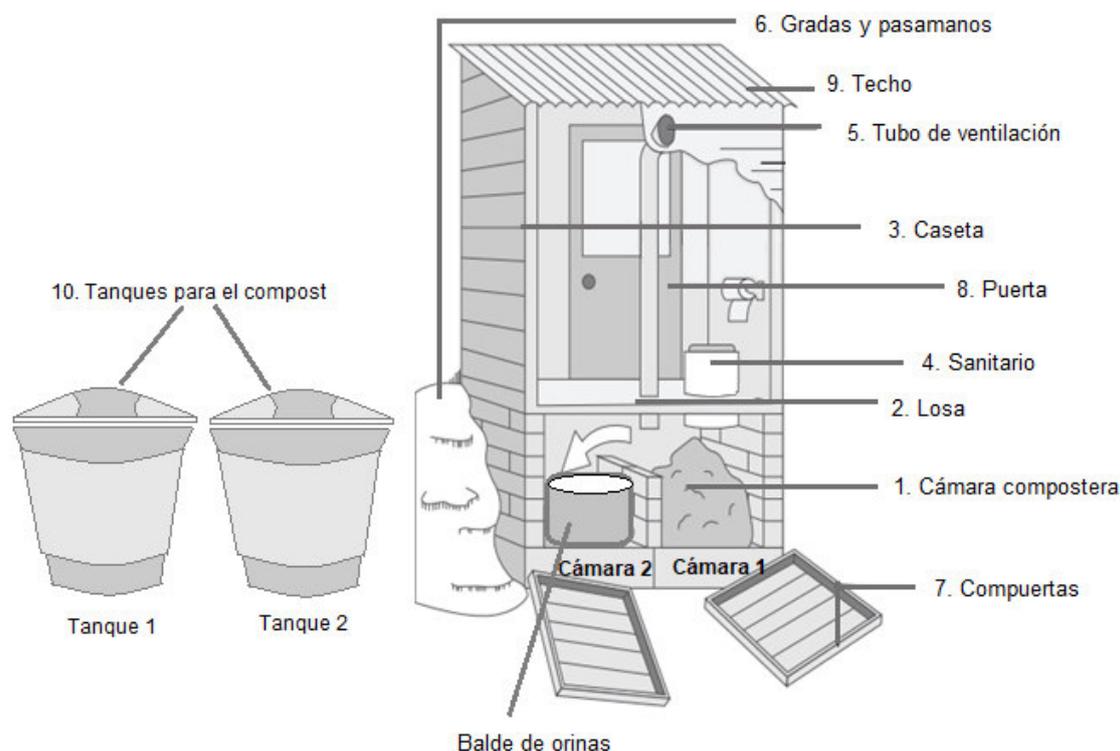


Figura 4. Partes de la letrina compostera

Fuente: (Banco de Desarrollo Interamericano, 2019)

Las letrinas composteras están compuestas por las siguientes partes esenciales:

1. **Cámara compostera:** Es un espacio que sirve para almacenar temporalmente las heces y las orinas por separado. Funciona con baldes que recogen las excretas y se encuentran ubicados debajo del sanitario, deben estar tapados cuando no se encuentran en uso para evitar el paso de vectores. Las orinas se almacenan en otra cámara que se descargan manualmente cada que sea necesario.
2. **Losa:** Es una estructura horizontal plana de hormigón que separa los niveles de una construcción, debe ser capaz de soportar el peso extra de los elementos sanitarios y el peso de los usuarios de la tecnología.
3. **Caseta:** Es una pequeña casa que tiene la función de proteger todos los componentes de la letrina y al usuario de viento, lluvia, animales e insectos.
4. **Sanitario:** Es la estructura que sirve para sentarse al momento de hacer las necesidades fisiológicas. Puede ser construido en madera o adaptarse baldes de plástico para el fin. Debe contar con dos hoyos y una barrera divisora que separe las orinas y las heces.

El asiento sanitario como tal no es necesario, pues lo indispensable es la existencia de un hoyo con tapa que debe colocarse siempre que no se encuentre en uso.

5. **Tubo de ventilación:** Sirve para reducir malos olores producidos en la caseta, mas no para airear los desechos. Debe estar localizado en dirección al viento para aumentar la eficiencia en la ventilación.
6. **Gradas y pasamanos:** Esta parte de la estructura es importante cuando la infraestructura se encuentra ubicada en una pendiente. Debe ser realizado con materiales resistentes como hormigón o madera. Cuando el terreno es plano, se puede omitir esta sección.
7. **Compuerta:** Estas varían de acuerdo con el número de cámaras que se implementan en la letrina, son colocadas en la parte posterior de la estructura y tienen la función de facilitar el acceso al abono.
8. **Puerta:** Es parte de la infraestructura que evita el paso de animales hacia el interior de la letrina.
9. **Techo:** Es la cubierta superior de la infraestructura. Evita el paso de la lluvia, aves o insectos.
10. **Tanques para el compostaje:** Sirven para almacenar a largo plazo el material que se retira de las cámaras de compostaje, aquí culmina el proceso de compostaje, ya que facilita el proceso de secado de las heces hasta convertirla en abono seco.

1.4.8.5. **Funcionamiento de la letrina compostera**

Las letrinas necesitan de ciertos parámetros específicos para funcionar de manera eficiente, los cuales se mencionan a continuación:

La letrina compostera funciona bajo un proceso aerobio, en el cual actúan microorganismos degradadores de materia orgánica que se encargan de descomponer las excretas y convertirlas en abono.

Para realizar esta acción los microorganismos necesitan de alimento que permitan degradar el material, para que esto sea posible se añade material secante a las excretas. Por lo cual, antes de realizar la deposición, el usuario debe asegurarse que la cámara de compostaje esté cubierta por al menos con 2 cm de material secante en la parte inferior y luego de realizar la deposición se añade 2 cm más de material secante en la capa superior.

El material secante es un compuesto que absorbe la humedad de las excretas y elimina los microorganismos pertenecientes a las heces. Está formado por una mezcla de 2 partes de cal con 3 partes de ceniza (Banco de Desarrollo Interamericano, 2019).

1.4.8.5.1. Tratamiento de las heces

Las heces entran por el hoyo del sanitario casero hacia la cámara de compostaje. Luego de cada deposición deben cubrirse las heces con material secante en su totalidad, agregando 2 cm de material secante.

Una vez lleno el balde provisional ubicado dentro de la caseta, debe trasladarse las excretas a un tanque más grande donde se llevará a cabo el proceso de compostaje.

Las excretas deben ser removidas semanalmente para facilitar la aireación y se debe verificar que no presente mal olor y bajas temperaturas, puesto que estas condiciones retrasarán el proceso de compostaje.

Una vez que el primer tanque de compostaje se haya llenado, debe agregarse una capa generosa de material secante, para después ser tapada y sellada por un periodo de 6 meses en los cuales se completará el proceso de compostaje.

Durante este proceso, debe empezar el uso del segundo tanque, el fondo debe ser cubierto de material secante y ser usado tal como se utilizó el primer tanque.

Seis meses después de que el tanque uno se haya sellado, este debe haberse convertido en abono, que ya puede empezar a usarse en plantas, cultivos o jardines (ECOSAN, 2018)

1.4.8.5.2. Tratamiento de la orina

Las orinas deben ser colocadas en un balde separado a las heces. Luego de utilizar el urinario se puede colocar material secante para disminuir la generación de olores.

Una vez lleno el recipiente de orinas, debe trasladarse hacia un balde más grande donde se diluirá en proporción 1:1 con agua. El líquido resultante es el que puede ser colocado en plantas o cultivos.

El urinario debe ser lavado y desinfectado semanalmente, cuidando de que no haya filtraciones hacia la cámara de depósito de heces. El mantenimiento y correcta higiene de la letrina influirá de manera directa en la presencia de malos olores (ECOSAN, 2018).

1.4.8.6. Modo de uso de la letrina compostera

Una vez que se termine la construcción de la letrina, está se puede usar como baño unifamiliar por alrededor de 15 – 20 años.

Primero, el usuario debe levantar la tapa del asiento y sentarse sobre el inodoro de manera correcta para que la orina se separe de las heces.

Luego de realizar la deposición cubrir las heces con material secante. El papel higiénico usado debe ser colocado en un bote de basura que se encuentre al interior de la letrina, una vez lleno este depósito debe ser trasladado al basurero comunitario más cercano, de no ser posible estos residuos orgánicos pueden ser colocados dentro del inodoro para cumplir el proceso de compostaje (UNICEF; Catholic Relief Services (CRS), 2012).

Luego de usar el inodoro, hay que cubrir las heces con material secante y bajar la tapa del asiento o cubrirlo con algún otro material para evitar el paso de vectores como moscas y mosquitos o insectos propios de la localidad.

Finalmente se debe mantener la higiene personal, por lo cual después de utilizar el baño ecológico debe lavarse y secarse las manos. Es importante cerrar la puerta de la letrina para evitar la entrada de animales (Banco de Desarrollo Interamericano, 2019).

1.4.8.7. Mantenimiento de la letrina compostera

Una letrina compostera bien construida requerirá poco mantenimiento a lo largo del ciclo de vida (Layman, 2016).

En la tabla 8, se puede observar el mantenimiento que se debe realizar acorde a la parte de la infraestructura.

Tabla 8. Mantenimiento de la letrina compostera

Parte de la infraestructura	Mantenimiento
Caseta	Debe inspeccionarse una vez al mes, en busca de fisura o grietas en la infraestructura.
Malla mosquitera	Reemplazar o reparar las piezas dañadas cada que sea necesario.
Terreno	Deshierbar el terreno alrededor de la caseta y verificar que el agua superficial no fluya cerca del mismo.

Losa	Barrer y limpiar el suelo de la caseta como mínimo una vez a la semana.
Artefactos sanitarios	Mantener el inodoro limpio y seco. Verificar que la tapa y artefactos sanitarios se encuentren en buenas condiciones.

Fuente: (Layman, 2016)

1.4.8.8. Ventajas y desventajas de las letrinas composteras

Las ventajas y desventajas de la letrina compostera se encuentran resumidas en la Tabla 9.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del uso de letrinas composteras.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es una opción que no requiere agua para su uso. • Cierra el ciclo de manejo de la materia fecal ya que permite su reutilización como abono. • Evita la contaminación del suelo y del agua, por consiguiente, genera un ambiente más sano. • Puede ubicarse cerca de la vivienda. • La materia fecal y la orina después de un proceso se convierten en abonos mejoradores de suelos. • Dependiendo de su mantenimiento es muy duradera. 	<ul style="list-style-type: none"> • El costo de implementación de la letrina compostera es alto. • Los mayores inconvenientes se relacionan con el aspecto cultural de manipulación de materia fecal y el control de la humedad. • Los niños pueden tener dificultades al momento de usar el baño, ya que requiere separar las heces y orinas en diferentes cámaras. Por lo cual, el sanitario debe contar con un accesorio acondicionado a las necesidades físicas de los niños, ya sean gradas o asientos sanitarios separadores.

Fuente: (Banco de Desarrollo Interamericano, 2019) .

1.4.9. Evaluación y selección de tecnologías

La evaluación de sistemas de tratamiento de excretas considera varios aspectos que involucran la realidad social, económica, ambiental de las comunidades y del entorno.

Por esta razón, debe optarse por métodos sencillos y objetivos que apoyen la toma de decisiones, cuyos elementos sean claros, capaces de comunicar y sustentar la decisión final.

Para este estudio, se propone reconocer la tecnología de saneamiento ideal mediante la aplicación de la matriz de decisión.

1.4.9.1. Matriz de decisión

Es una herramienta de fácil aplicación, permite evaluar y elegir la mejor opción entre diferentes alternativas. Esta herramienta es útil cuando se deben considerar varios campos para tomar una decisión.

La matriz de decisión es aplicable siempre y cuando los criterios de evaluación sean los mismos para las diferentes opciones, caso contrario debe optarse por otro método de evaluación. Sigue un proceso estructurado, el cual permite reducir las opciones de manera objetiva hasta llegar a una decisión final (Universidad Nacional Autónoma de México, 2013).

Para obtener resultados confiables es importante dar una ponderación adecuada a las diferentes características que se evalúan, esto se dictamina acorde el grado de importancia que dictamine el evaluador.

La matriz de decisión propuesta considera factores técnicos, sociales, ambientales y económicos.

1.4.9.2. Criterios de la matriz de decisión

1.4.9.2.1. Factores técnicos, sociales, ambientales y económicos

Los proyectos de manejo y disposición de excretas deben considerar aspectos: técnicos, sociales, ambientales y económicos, con la finalidad de adaptarlos adecuadamente al estilo de vida de la comunidad, a la vez que ayudan a disminuir los impactos ambientales y mejoran la salud de los usuarios.

1.4.9.2.1.1. Factores técnicos

Se basa principalmente en los parámetros necesarios para que la construcción de la tecnología sea de manera adecuada, con el fin de prevenir impactos ambientales y de salud durante el tiempo de operación.

1. Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento

Este parámetro está dirigido hacia las tecnologías que necesitan el agua para funcionar. Los efluentes provenientes de las tecnologías de saneamiento pueden entrar en contacto con cuerpos de agua superficiales (ríos, arroyos, vertientes), por lo cual deben ser construidas a una distancia prudente, para evitar que la población llegue a sufrir enfermedades derivadas de infecciones por agentes patógenos.

2. Permeabilidad del suelo

Se define como permeabilidad a la capacidad que tiene el suelo para infiltrar el agua y el aire. Se relaciona con el tiempo que le toma al efluente descender a lo largo del suelo. Es una de las principales propiedades que se toman en cuenta en la construcción de infraestructuras (Organización Panamericana de la Salud, OPS., 2005).

Los suelos con alta permeabilidad tienen tiempos de infiltración muy rápidos, por lo cual, el suelo no tendrá la oportunidad de eliminar contaminantes, afectando a las aguas subterráneas.

Por otro lado, en suelos que presentan baja permeabilidad el agua contaminada puede desbordarse por toda la superficie del suelo contaminando altas extensiones de terreno generando riesgos para el ambiente y la salud.

3. Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento

Identifica la cantidad de agua que la comunidad utiliza para evacuar las excretas. Permite conocer si es que la tecnología puede o no funcionar con el agua que tienen los usuarios.

4. Frecuencia de mantenimiento

Es la cantidad de tareas que se debe realizar por unidad de tiempo, con el fin de prevenir posibles deterioros en la infraestructura y el funcionamiento.

5. Facilidad de mantenimiento

Es la disposición de mantener la infraestructura y el sistema funcionando en perfectas condiciones, para lo cual se toma en cuenta las actividades que se deben realizar, las singularidades del mantenimiento y las habilidades requeridas para llevar a cabo dicha actividad.

6. Tiempo de construcción

Es el periodo de tiempo (horas, días, semanas) transcurrido desde el comienzo hasta la finalización de una obra (Raymond, 2006).

7. Estabilidad del suelo

Es un parámetro que se relaciona de manera directa con la capacidad de carga del suelo. La capacidad de carga (ton/m^2) es la fuerza que tiene el suelo para resistir el esfuerzo de compresión. Por lo tanto, si la estructura que se quiere construir sobre el suelo no supera la capacidad de carga de este, entonces es factible construir en el terreno, sin temor a que se asiente el suelo de manera excesiva o que haya rupturas del suelo por cizallamiento (U.N.P.L, 2019).

8. Disponibilidad del terreno

Es el terreno que está listo para usarse o utilizarse, para ejecutar una obra o actividad.

9. Tiempo de vida de la tecnología

Es el tiempo durante el cual un producto o material puede ser utilizado manteniendo la calidad conveniente para su uso o consumo (Tesauro, 2013).

1.4.9.2.1.2. Factores sociales

Es una característica que se basa en mostrar la realidad social de las comunidades. Es de vital importancia, puesto que puede ser un factor determinante para elegir o no la tecnología de saneamiento.

1. Disposición de materiales de higiene anal

Permite reconocer el método de limpieza anal (agua o papel) que se maneja de acuerdo con las costumbres de cada usuario. A partir de este reconocimiento se podrá seleccionar entre una tecnología que usa agua o en seco.

2. Aceptación cultural

Puede ser determinante para que se realice o no la construcción de la tecnología. Pues, la idea debe ser aceptada por la comunidad, ya que implica una demanda de tiempo, dinero y esfuerzo, por lo cual la opinión de los pobladores es fundamental para tener éxito en el proceso.

1.4.9.2.1.3. Factores ambientales

Se centra en el entorno natural de la comunidad, toma en cuenta la capacidad que tiene la tecnología de saneamiento para evitar el deterioro ambiental, reducir los eventos de contaminación y aprovechar los residuos.

1. Aprovechamiento de residuos fecales

Dentro del sector ambiental, se habla de sustentabilidad cuando se utilizan todos los recursos de manera que se pueda satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las del futuro. Aquí se evalúa principalmente la capacidad que tienen las tecnologías para aprovechar los productos finales, usar eficientemente el agua y la energía, uso de material reciclado o local para la construcción.

2. Uso de agua por la tecnología

Identifica si las tecnologías utilizan o no agua en su sistema de tratamiento, ya que al consumir la menor cantidad de agua permite conocer el grado de sustentabilidad de la tecnología.

3. Presencia de vectores

Son los diversos agentes transmisores de enfermedades (moscas, mosquitos, ratas) que acarrea la tecnología por su sola existencia. Los cuales de no ser controlados pueden convertirse en un foco de enfermedades y generar problemas de salud en los pobladores.

1.4.9.2.1.4. Factores económicos

En este apartado, se evalúan las condiciones económicas de la población. Esta característica es uno de los más determinantes al momento de implementar una tecnología, puesto que, dependerá de ella que se haga o no realidad. Se deben evaluar los recursos de la población para llevar a cabo el proyecto.

1. Costos de construcción (material y mano de obra)

Son los costos directos que tiene una obra. En este se incluyen las materias primas, subproductos, materiales, maquinarias, herramientas y mano de obra necesarios para la construcción de las infraestructuras requeridas.

2. Costos de mantenimiento

Son los costos erogados por realizar tareas o actividades destinados a la conservación y restauración de las infraestructuras (Roulli, 2016).

3. Costos de evacuación de residuos fecales

Son los costos necesarios que se deben tomar en cuenta al momento de evacuar los lodos y excretas de las tecnologías, son necesarios para mantener la tecnología operativa.

2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar de estudio

La comunidad de San Rafael se encuentra ubicada al nororiente del Distrito Metropolitano de Quito - Ecuador, forma parte de la parroquia rural Checa, misma que se encuentra localizada a 35 km del área del aeropuerto Internacional Mariscal Sucre (Figura 5).

Tiene una altura de 2578 msnm. Limita al norte con la Parroquia El Quinche, al sur con la parroquia Yaruquí, al este con la provincia de Napo y la parroquia Pifo y al oeste con las parroquias Yaruquí y Guayllabamba.

El lugar de estudio se encuentra establecido en las coordenadas: -0.138446, -78.270009.

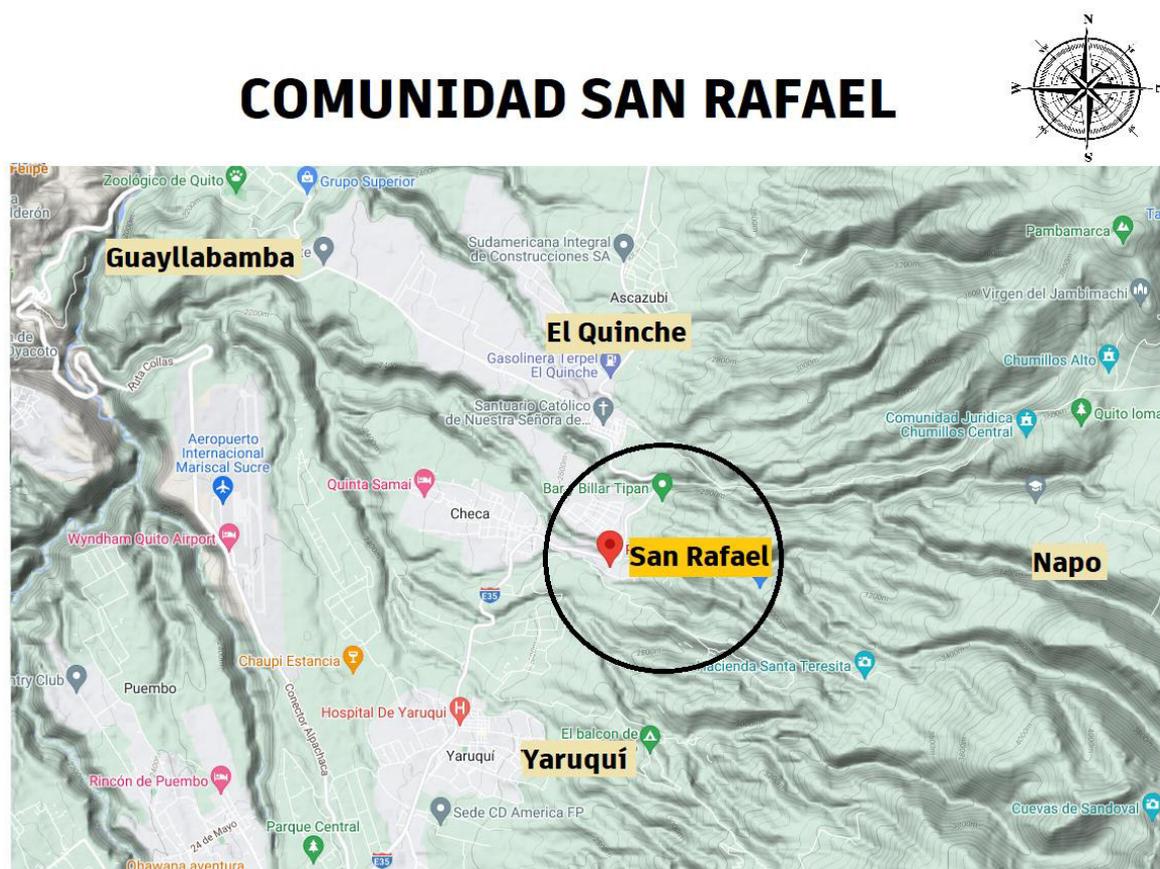


Figura 5. Ubicación de la comunidad San Rafael

2.1.1. Clima

Debido a su ubicación geográfica, San Rafael posee un clima frío característico del páramo. Cuenta con una importante fuente de captación de agua proveniente del Cerro Puntas usada para la alimentación, aseo y trabajo agrícola de la población (Figura 6).



Figura 6. Fuente de captación de agua de la comunidad San Rafael

En la tabla 10, se muestran algunas variables climatológicas propias de la comunidad de San Rafael.

Tabla 10. Variable climática para la comunidad de san Rafael – Checa.

Variable climática	Descripción
Precipitación	600 mm
Humedad	550 – 800
Temperatura	10° C – 17°C (variación climática entre agosto – octubre)

Fuente: (Cruz, 2018)

2.1.2. Población

Checa es una comunidad pequeña conformada por 8980 habitantes distribuidos de manera dispersa en sus 17 barrios rurales y 2 comunas que son: El Carmen y San Rafael (Cruz, 2018).

El presente estudio se realiza en la comunidad San Rafael, tomando como población base a 50 familias que se encuentran situadas a lo largo de la zona comunitaria de San Rafael, el cual va desde las fuentes de captación de agua (reservorio de la comunidad) hacia la quebrada (Figura 7).



Figura 7. Quebrada límite donde termina la comunidad de San Rafael

La población de la comunidad está confirmada mayormente por hombres adultos de entre 30 – 70 años que realizan labores agrícolas y mujeres que se dedican a las labores del hogar. La presencia de niños es casi inexistente en la comuna, puesto que los terrenos de la comunidad se conservan para realizar las actividades agrícolas, mas no para vivienda por lo que gran parte de la población se ha trasladado a zonas urbanas de Quito.

Por esta razón, es importante destacar que de las 50 familias que existen en el sector, la gran mayoría (más del 50%) se considera población flotante, es decir, que visitan y trabajan en la comunidad por algunos días al mes para posteriormente regresar a sus hogares ubicado fuera de la comuna.

2.1.3. Actividad económica de la comunidad

La principal fuente de ingresos de la comunidad de San Rafael está ligado a actividades agrícolas y pecuarias. Dentro de este sector el 43% de la población se dedica a la producción de frutas mediante la implementación de invernaderos que facilitan la fructificación (frutilla, mora, tomate de árbol), además de granos, vegetales y hortalizas, mismas que son vendidas a dos grandes industrias del sector, lo cual genera un valor agregado en los productos (Figura 8). Además, con el fin de evitar que el producto cultivado y cosechado que no se ha vendido se eche a perder, las mujeres de la comunidad han

optado por la elaboración de productos confitados como: dulce de leche o mermelada de frutas (Figura 9).

En menor proporción, la comunidad se dedica a la crianza de animales como pollos, cuyes, conejos y chanchos, los cuales son comercializados en el mercado rural del sector.

Otras actividades que se realizan en la comunidad se centran en: el comercio al por mayor y menor (18%), la construcción (9%), el trabajo en industrias manufactureras del sector (6%), servicios de transporte, etc. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).



Figura 8. Producción de frutas, verduras y hortalizas en la comunidad de San Rafael



Figura 9. Producción de mermelada y productos confitados por las mujeres de la comunidad.

2.2. Guía de diseño de las tecnologías

La guía de diseño de las tecnologías de saneamiento es una herramienta visual que brinda información respecto a las consideraciones generales, materiales de construcción, uso y mantenimiento de cada una de las tecnologías. Es un instrumento ideal para que el interesado en la tecnología conozca los parámetros generales necesarios para la implementación de los sistemas de saneamiento.

Es importante reconocer que la guía de diseño sirve para encaminar al usuario a la construcción adecuada de las tecnologías por lo cual, necesitará de personal capacitado cómo albañiles, plomeros y otros para la correcta edificación del sistema de saneamiento.

2.2.1. Partes de la guía de diseño

La guía de diseño está constituida de manera estructural (general hasta lo específico) tanto para el biodigestor cómo para la letrina compostera. Las partes que lo conforman se detallan a continuación:

- Introducción al método de saneamiento
- Importancia y beneficios del sistema de saneamiento
- Partes que conforman el sistema de saneamiento
- Materiales para la construcción de las tecnologías
- Consideraciones generales de diseño.
- Mantenimiento y recomendaciones para el aprovechamiento de productos finales.

2.2.2. Programas utilizados para la elaboración de la guía

Las guías de diseño fueron elaboradas utilizando las siguientes herramientas.

2.2.2.1. Canva

Es una herramienta de diseño gráfica y gratuita utilizada a nivel aficionado y profesional para la elaboración de material visual como: guías, trípticos, presentaciones, etc.

Esta herramienta permitió desarrollar la parte visual de la guía (agregar imágenes, textos explicativos).

2.2.2.2. Fusion 360

Es un programa en línea que funciona a través de una extensión de Autodesk, el cual permite crear diseños en 2D y modelar imágenes en 3D.

Esta herramienta permitió realizar el diseño y la modelación de las tecnologías de saneamiento en su totalidad, teniendo como resultados finales planos y una visualización del diseño de las tecnologías de saneamiento que fueron añadidas posteriormente a la guía elaborada en CANVA.

La guía puede visualizarse en el Anexo II y III. En el cual se encuentran las propuestas de diseño para el biodigestor y la letrina compostera.

2.3. Cotización de precios

El sector económico es de uno de los principales ámbitos para la implementación de cualquier obra o proyecto. Permite abastecer todas las necesidades esenciales que sean requeridas, siendo la pieza clave para llevar a cabo los objetivos planteados en cualquier actividad e incluso puede ser un condicionante para el mismo (Maina & Gathenya, 2014).

Por lo tanto, se realizó la cotización de precios con la finalidad de conocer un aproximado del presupuesto necesario para la implementación de las tecnologías de saneamiento propuestas en la guía de diseño.

Esta sección se divide en 3 apartados que son:

- El costo de construcción: material y mano de obra
- Costo de mantenimiento
- Costo de evacuación de residuos fecales

2.3.1. Costos de construcción: material y mano de obra

Los costos de construcción (material y manos de obra) permiten estimar un presupuesto respecto a los materiales empleados en la guía de diseño de las tecnologías del biodigestor y la letrina compostera.

Para determinar los precios se elaboró una lista de materiales necesarios para la construcción, mediante cotizaciones realizadas en ferreterías dedicadas a la distribución de materiales como “kywi”, “Apec” y “Disensa”. Además, de un proveedor de madera de alta calidad “Madersec”.

Para cotizar la mano de obra se realizó una visita al Mercado Plaza Arenas, ubicada en el centro histórico de Quito, donde maestros albañiles y plomeros estimaron un presupuesto para construir las tecnologías de saneamiento.

2.3.1.1. Costo de materiales para el biodigestor

El costo de los materiales para la construcción del biodigestor (Tabla 11), se recopiló de los tres distribuidores de materiales de ferretería mencionados con anterioridad.

Tabla 11. Costos de materiales para la construcción del biodigestor

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Bidón 220 L	47.00	47.00
1	Tubo PVC Ø=1/2" x 1m	2.50	2.50
1	Tubo PVC Ø=2" x 3m	5.18	5.18
1	Tubo PVC Ø=3" x 1m	9.42	9.42
1	Tubería PVC para ventilación de Ø=10 cm	11.87	11.87
1	Segmento corto de tubo Ø=4"	7.59	7.59
1	Reducción PVC de Ø=4" a 3"	3.71	3.71
3	Adaptadores para tanque PVC Ø=1/2"	2.16	6.48
3	Adaptadores para tanque PVC Ø=2"	2.46	7.38
2	Codos PVC Ø=2" x 45°	1.52	3.04
1	T PVC Ø=2"	1.56	1.56
1	T PVC Ø=1 1/2"	1.39	1.39
1	Tapón de limpieza sanitario PVC Ø=4"	3.00	3.00
1	Tapón hembra rosca PVC Ø=2"	5.79	5.79
1	Tapón hembra rosca PVC Ø=1 1/2"	1.91	1.91
1	Llave de paso o de globo Ø=2"	10.35	10.35
1	Llave de paso o de globo Ø=1 1/2"	7.75	7.75
1	Accesorio adaptador para válvula de llanta	11.96	11.96
1	Manguera de Ø=1/2 x 3m	2.00	2.00
1	Manguera para gas azul de Ø=1/2 x 30m	18.00	18.00

1	Conector de tanque Ø=1/2"	4.49	4.49
1	Adaptadores para manguera macho tipo rosca PVC Ø=1/2"	5.94	5.94
2	Válvulas de esfera con rosca Ø=1/2"	7.00	14.00
2	Uniones de manguera en T Ø=1/2"	0.45	0.90
4	Conexión arponada de manguera 45°, Ø=1/2"	2.25	9.00
1	Tapón hembra rosca PVC Ø=1/2"	0.45	0.45
4	Abrazaderas Ø=1/2"	0.31	1.24
1	Silicona para PVC	3.44	3.44
1	Tubo de llanta R16	12.00	12.00
1	Bote plástico de rosca 1.5L	2.50	2.50
1	Embudo de 2"	8.10	8.10
1	Kit para ingreso y salida de gas propano	29.00	29.00
1	Balde de polietileno 5 galones	7.00	7.00
1	Kit de instalación WC	13.02	13.02
1	Inodoro WC dual blanco	83.04	83.04
1	Tubo PVC desagüe 110 mm x 3m	12.49	12.49
1	Pega tubos "kalipega" 250 cm ³	4.49	4.49
1	Cinta teflón 10m	0.35	0.35
Total			378.98

El costo de materiales para el biodigestor tiene un total de 378.98 USD.

2.3.1.2. Costo de materiales para la letrina compostera

El costo de los materiales para la construcción de la letrina compostera se recopiló de los distribuidores de venta de materiales ferreteros y de madera que se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. Costos de construcción de la letrina compostera

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
200	Ladrillo 35 x 15 x 10	0.28	56.00
4	Cemento Holcim 50 kg	7.32	29.28
2	Fundas de cementina	10.00	20.00
1	Pirola nylon	0.80	0.80
1	Chicote de varilla 9 mm x 3 m	8.35	8.35
1	Malla "Armex" 6.25 m x 2.4 m	87.50	87.50
1	Arena fina "MegarOK" para hormigón m ³	10.00	10.00
1	Ripio "MegarOK" plisara hormigón 50 m ³	10.00	10.00
1	Puerta de madera 0.80 x 2m accesorios completos	120.00	120.00
1	Tablero triplex 0.8x1x0.05	5.00	5.00
4	Listones de madera de 0.22x0.3x1m	2.89	11.56
1	Manija para compuerta	8.27	8.27
2	Bisagra ancha	3.99	7.98
2	Asiento para baño	5.79	11.58
1	Malla mosquitera 1m x 1.5m	14.50	14.50
4	Láminas de zinc 2x1; 0.30	9.44	37.76
1.5	lb clavos 4" para techo de Zinc	1.99	2.99
2	lb clavos 2 ½" para techo de Zinc	1.34	2.68
2	Tanques de plástico de 500 L	45.00	90.00
2	Balde de polietileno 5 galones	7.00	14.00
Total			548.25

Los materiales que se recomiendan para la letrina compostera pueden ser reemplazados por materiales que el usuario disponga, ya sea madera reciclada o bloque.

2.3.1.3. Costo de mano de obra para el biodigestor

El costo de mano de obra del biodigestor se cotizó con un plomero y un maestro albañil, quienes se encargará de realizar las actividades detalladas en la tabla 13.

Tabla 13. Costo de mano de obra para el biodigestor

	Actividades	Precio (USD)
Maestro albañil	Preparación del terreno (nivelación, corte, relleno y trazado)	25
Plomero	Agujerear el cuerpo del biodigestor	10
	Ensamblar tuberías PVC al cuerpo	20
	Colocar mangueras de biogás y la cámara de almacenamiento de biogás.	10
	Colocar y ajustar válvulas para lodos y biogás	10
Precio total		75

2.3.1.4. Costo de mano de obra para la letrina compostera

El costo de mano de obra para la letrina compostera se consultó con ayuda de un maestro albañil y un carpintero ubicados en el centro de Quito, quienes realizan las actividades detalladas en la tabla 14.

Tabla 14. Mano de obra de la letrina compostera.

	Actividades	Precio (USD)
Maestro albañil	Preparación del terreno (nivelación, corte, relleno y trazado)	25
	Fundir la losa (llenado de hormigón y encofrado de madera)	60
	Armado y construcción del sanitario	25
	Construcción de la infraestructura (cuerpo y techo)	60
Carpintero	Armar y colocar la compuerta trasera	10
	Colocar puerta	10
Precio total		190

2.3.1.5. Costos de construcción consolidados

La sumatoria final entre costos de material y mano de obra para cada tecnología de saneamiento generan los siguientes costos en la construcción (Tabla 15).

Tabla 15. Costos de construcción de las tecnologías de saneamiento

	Biodigestor	Letrina compostera
Costo de construcción (USD)	450.98	738.25

2.3.2. Costos de mantenimiento

El mantenimiento ayuda a mantener la infraestructura y sus componentes en estado óptimo, esta inversión se genera al momento de remediar averías o roturas que son poco frecuentes pero que pueden ocasionar mal funcionamiento si no se arreglan de manera inmediata.

Dentro de la tabla 16, se observan los costos mínimos de mantenimiento de las tecnologías en un periodo anual.

Tabla 16. Costos de mantenimiento para el biodigestor y la letrina compostera

Tecnologías de saneamiento	Periodo de mantenimiento	Costo (USD)
Biodigestor	1 vez por año	20 - 30
Letrina compostera	1 vez por año	20 - 50

2.3.3. Costo de evacuación de los residuos fecales

Las tecnologías de saneamiento necesitan de un periodo de evacuación de residuos fecales (lodos y excretas) para que el sistema funcione de manera adecuada y cumpla con su ciclo de vida.

La evacuación de residuos provenientes de la letrina compostera no se consideran dentro de este parámetro, puesto que la evacuación de excretas se realiza de manera continua y se aprovecha dentro de las cámaras de compostaje, siendo esta una condición de existencia de la tecnología.

Dentro de los costos generados para esta actividad se encuentran los detallados en la tabla 17. Cabe recalcar que, este costo se toma en cuenta únicamente para el biodigestor en

caso de que el usuario no se desee aprovechar los lodos generados dentro de la cámara de digestión y se requiera realizar la evacuación.

Tabla 17. Costos de evacuación de residuos fecales para el biodigestor.

Técnica de evacuación	Costo (USD)
Con vacuum manual	110 por hora
Con tanquero comunitario	70 por hora

2.4. Matriz de decisión

La matriz de decisión es una herramienta fundamental para este proyecto de investigación, pues mediante el aporte generado por los criterios de calificación, detallados más adelante, se puede conocer el grado de aceptación que tendrán las tecnologías de saneamiento dentro de la comunidad y con ese resultado se puede realizar una comparación entre las tecnologías reconociendo los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos.

Para realizar la comparación primero se dictaminarán los parámetros sobre los cuales se va a calificar, identificando las características mediante fuentes bibliográficas, o de la realidad social de la población (encuestas a la comunidad).

Luego se definirán los criterios de calificación brindando valores de 1, 3 y 5 para evaluar niveles de calificación bajo, medio y alto. Finalmente se reconocerá el valor adquirido y se colocará en la matriz de decisión de cada tecnología de saneamiento.

2.4.1. Encuestas realizadas a la Comunidad

Las encuestas se realizaron con el propósito de conocer la realidad social de la comunidad y de facilitar la definición de los criterios de calificación.

Para conocer el número de muestra necesaria para el estudio se utilizó la ecuación 3.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + z_a^2 \times p \times q}$$

Ecuación 3. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{50 \times 1.64^2 \times 0.9 \times 0.1}{0.1^2 \times (50 - 1) + 1.64^2 \times 0.9 \times 0.1} = 16.5 \approx 17$$

Donde:

n = *Tamaño de la muestra que se va a determinar*

$N =$ Tamaño de la población (50)

$Z =$ Depende del nivel de confianza (1.64 con nivel de confianza del 90%)

$p =$ Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (90%)

$q =$ Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado ($1 - p$)

$e =$ Error de estimación máximo aceptado (10%)

Para poblaciones pequeñas (menor a 50 familias) se recomienda tomar un nivel de confianza del 90%, por lo que el valor de Z es de 1.64 de acuerdo con tablas de probabilidad. Este nivel de confianza también indica el porcentaje de error máximo (10%) que puede tener la muestra (Aguilar, 2005).

Los parámetros p y q son las probabilidades de éxito conocidos en estudios anteriores. Para este estudio se escogió el valor de 0.9 y 0.1 respectivamente porque son datos pertenecientes a un estudio reciente realizado en la comunidad de San Rafael – Checa (Bravo, 2022).

Por lo tanto, el tamaño de la muestra que se determinó es de 17 familias, a quienes se realizará una encuesta por familia para conocer la realidad social, definir los criterios de calificación y elegir la tecnología más adecuada para la comuna.

El modelo de la encuesta que se realizó en la comunidad puede ser visualizado en el Anexo IV y la ejecución de esta en el Anexo V.

2.4.2. Criterios de calificación para la matriz de decisión

2.4.2.1. Factores técnicos

1. Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento

En la tabla 18, se asignan los valores teóricos ideales al que debe encontrarse la fuente de abastecimiento de agua y el sistema de saneamiento propuesto.

Tabla 18. Distancia teórica entre fuente de abastecimiento y sistema de saneamiento.

Tecnología de saneamiento	Distancia (m)
Biodigestor	≥ 30
Letrina compostera	≥ 15

Para conocer la distancia en la que se encuentra la fuente de abastecimiento y la casa más cercana donde se instalará el sistema de saneamiento se realizó una visita técnica a la comunidad San Rafael - Checa para el levantamiento de datos. Se estimó una distancia de 150 m entre la casa más cercana y el reservorio de agua (Anexo V). La ponderación correspondiente a esta característica se observa en la tabla 18.

Tabla 19. Calificaciones para el criterio de distancia entre fuente de abastecimiento y sistema de saneamiento.

Criterio	Calificación
Deficiente distancia (menor a la sugerida)	1
Adecuada Distancia (la sugerida)	3
Muy buena distancia (mayor a la sugerida)	5

2. Permeabilidad del suelo

En la tabla 20, se muestra el tipo de suelo que se requieren las tecnologías para la construcción y el coeficiente de permeabilidad ideal que debe tener el suelo.

Tabla 20. Permeabilidad teórica de los suelos recomendados para la construcción de las tecnologías

Tecnología recomendada	Tipo de suelo	Coeficiente de permeabilidad k (cm/s)
Letrina compostera	Suelos semipermeables	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-3}$
Biodigestor	Suelos impermeables (arcilla)	$1 \times 10^{-9} - 5 \times 10^{-5}$

*Letrina compostera: puede estar situado en terrenos permeables o impermeables.

*Biodigestor: Necesariamente requiere suelos impermeables.

Fuente: (FAO, 2009)

Para conocer el rango en el que se encuentra el coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael, se realizó el estudio de permeabilidad de una muestra de suelo de la comunidad de la cual se realizaron 3 pruebas de verificación con el fin de estimar la permeabilidad del suelo de la comunidad. Para poder realizar la comparación se toma en cuenta el rango en el que se encuentran los coeficientes de permeabilidad experimentales ubicados en la tabla 21 vs los rangos teóricos de la tabla 20. Este parámetro se encuentra detallado en el proyecto de integración curricular de David Cajas, denominado “*Alternativas para el manejo de excretas de la comunidad San Rafael, Parroquia Checa*”.

Tabla 21. Coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael

No. Prueba	Coeficiente de permeabilidad (k)	Rango del coeficiente de permeabilidad (cm/s)
1	1.1922×10^{-5}	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$
2	2.6975×10^{-6}	
3	1.7338×10^{-6}	

La ponderación para este parámetro se puede observar en la tabla 22. En el cual se evaluará si la permeabilidad del suelo de San Rafael tiene un coeficiente de permeabilidad entre los rangos teóricos establecidos en la tabla 20.

Tabla 22. Calificación para el criterio basado en el tiempo de infiltración.

Criterio	Calificación
Coeficiente de permeabilidad fuera del rango teórico	1
Coeficiente de permeabilidad dentro del rango teórico	5

3. Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento

Dentro de este parámetro se toma en cuenta la cantidad de agua que la comunidad utiliza para evacuar las excretas, puesto que este recurso natural es un bien preciado y escaso en la comunidad de San Rafael.

Con el fin de determinar los criterios de calificación para este parámetro se realizó una encuesta a la comunidad donde se preguntó “¿Qué cantidad de agua utiliza para evacuar las excretas?”. Este dato usualmente no es conocido por los pobladores, por lo cual en los hogares donde la familia poseía un sanitario se ingresó al baño y se calculó el volumen de descarga aproximado que contiene el tanque del sanitario.

En el caso donde los encuestados no poseían sanitario o este no estaba conectado al tanque (no liberaba agua) se determinó el volumen de agua a través de los baldes que utilizan para coger agua y realizar la descarga en el inodoro, tomando en cuenta el número de veces que utilizan el balde para descargar las excretas en su totalidad. Por último, para aquellos hogares que no poseían un sanitario y defecaban al aire libre se tomó el valor de 0 L por descarga. Los resultados se pueden observar en la figura 10.

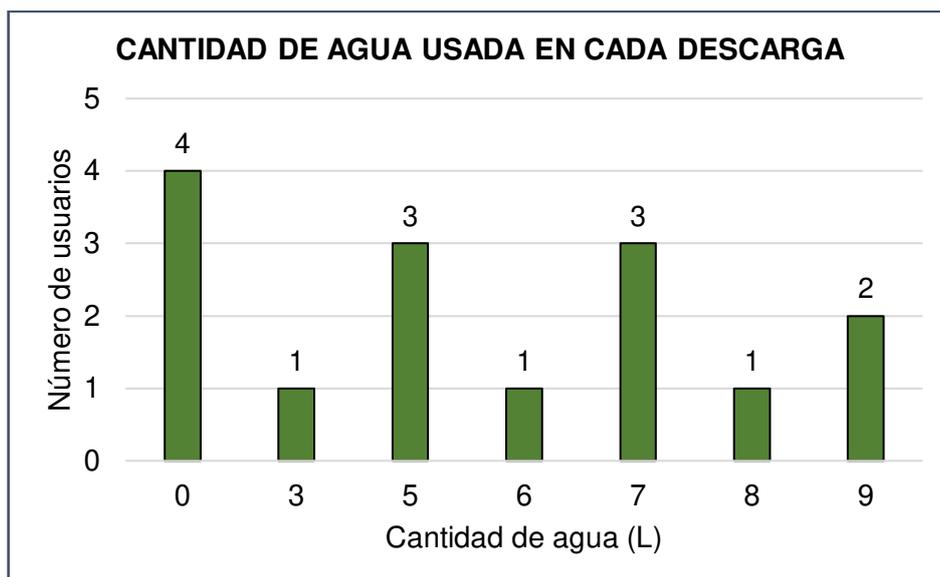


Figura 10. Cantidad de agua utilizada para evacuación de excretas en la comunidad San Rafael

En base a la figura 10, se conoce que la cantidad de agua promedio que utiliza la comunidad para descargar en el inodoro es de 5 L por persona.

La letrina compostera es una tecnología en seco, por lo que no necesita agua dentro del sistema. Mientras que para el funcionamiento del biodigestor se ha estimado un valor de descarga por persona de 0.55 L de agua, con el fin de mantener la proporción de 20% material orgánico y 80% agua de acuerdo con la carga diaria (Anexo I).

En la tabla 23, se observa la cantidad de agua necesaria para el funcionamiento de la letrina compostera y el biodigestor.

Tabla 23. Agua necesaria para el funcionamiento de las tecnologías de saneamiento.

Tecnología	Agua necesaria para la evacuación de las excretas (L)
Letrina compostera	0
Biodigestor	0.55

Para calificar este criterio se comparó la cantidad de agua que utiliza la tecnología por descarga contra la cantidad de agua que la comunidad utiliza actualmente para la descarga, por lo que aquellas tecnologías que necesiten más de 5 L no podrán funcionar, tal como se puede ver en la tabla 24.

Tabla 24. Calificación para la cantidad mínima de agua necesaria para la evacuación de las excretas.

Criterio	Calificación
La tecnología de saneamiento funciona con > 5 L	1
La tecnología de saneamiento funciona con ≤ 5 L	5

4. Frecuencia de mantenimiento

La tabla 25, muestra las tecnologías propuestas y el período de tiempo que se requiere para realizar el mantenimiento de las diferentes partes que conforman el sistema. Dentro de este parámetro no se toman en cuenta las actividades realizadas de manera cotidiana, por ejemplo: barrear, trapear y limpiar, puesto que el parámetro se centra en actividades de mantenimiento menos comunes o que requiera mayor esfuerzo físico.

Además, pese a que la purga de lodos es una actividad de mantenimiento de la tecnología, este apartado se considera dentro de la evacuación de excretas, ya que requiere de personal y equipo capacitado para realizar la acción y no puede ser ejecutado por el dueño de la tecnología.

Tabla 25. Frecuencia de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.

Tecnología	Actividades	Tiempo que toma realizar la actividad
Letrina compostera	Mantenimiento de la infraestructura (techo, piso y paredes)	± 2 días / año
	Cambiar o reparar la malla mosquitera	± 1 día / año
	Deshierbar el terreno cercano a la infraestructura	± 3 días / año
Biodigestor	Reparación de tuberías	± 1 día / año
	Cambio de tanques PVC	± 1 día / 5 años
	Reparación de la bolsa colectora de biogás	± 1 día / año
	Remoción del material flotante	± 1 día / año

Nota: El tiempo que tome llevar a cabo las actividades dependerán del ejecutor de la actividad. Está es una tabla que da un aproximado de días/años necesarios para realizar las labores de mantenimiento. Sin embargo, en caso de que algún componente del sistema requiera reparación se lo debe hacer de manera pronta para evitar daños permanentes.

Para conocer el tiempo aproximado para realizar labores de mantenimiento en cada tecnología (Tabla 26), se realizó la sumatoria de los tiempos establecidos en la tabla 25.

Tabla 26. Tiempo aproximado para realizar el mantenimiento de las tecnologías de saneamiento.

Tecnología	Tiempo aproximado para realizar el mantenimiento
Letrina compostera	6 días / año
Biodigestor	4 días / año

Para conocer el valor asignado al criterio de calificación para la frecuencia de mantenimiento, se realizó la pregunta “¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?”. De lo cual se obtuvo las respuestas detalladas en la figura 11.

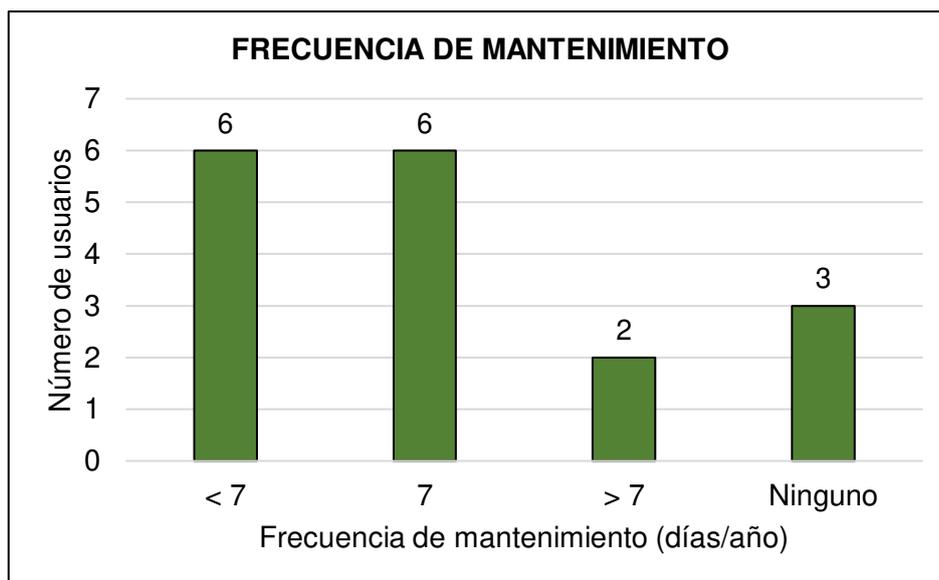


Figura 11. Tiempo que la comunidad de San Rafael está dispuesta a otorgar para realizar labores de mantenimiento.

De esta manera el criterio de calificación base seleccionado fue de 7 días/año, ya que es el tiempo promedio que los pobladores están dispuestos a otorgar anualmente para las labores de mantenimiento.

La calificación de este parámetro se puede observar en la tabla 27.

Tabla 27. Calificación para la frecuencia de mantenimiento

Criterio	Calificación
Alta frecuencia de mantenimiento (> 7 días/año)	1
Baja frecuencia de mantenimiento (\leq 7 días/año)	5

5. Facilidad de mantenimiento

La facilidad de mantenimiento (Tabla 28) toma en cuenta las actividades que deben realizarse dentro del sistema, la persona capaz de hacerlo y la habilidad que se requiere para ejecutar la actividad de manera eficiente.

Tabla 28. Facilidad de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.

Tecnología	Actividades	Persona que lo realiza	Habilidad requerida
Letrina compostera	Mantenimiento de la caseta (paredes, piso, techo)	Albañil	Contratación de servicios
	Cambiar o reparar la malla mosquitera	Dueño del sistema de saneamiento	Ninguna
	Deshierbar el terreno cercano a la infraestructura	Dueño del sistema de saneamiento	Ninguna
Biodigestor	Reparación de tuberías	Plomero	Contratación de servicios
	Cambio de tanques PVC	Técnico	Contratación de servicios
	Reparación de la bolsa colectora de biogás	Técnico	Contratación de servicios
	Remoción del material flotante	Dueño del sistema de saneamiento	Entrenamiento leve

A la habilidad requerida para el desarrollo de la actividad de la tabla 28, se le asigna una calificación con la finalidad de cuantificar la facilidad de mantenimiento, estos valores se observan a continuación en la tabla 29.

Tabla 29. Calificación de la habilidad requerida para la evaluación del criterio “Facilidad de mantenimiento”

Habilidad requerida	Calificación
Contratación de servicios (albañilería, plomería o carpintería)	1
Entrenamiento leve (guía de diseño)	3
Ninguna	5

Para cuantificar la facilidad de mantenimiento se realiza un promedio de habilidades para conocer de manera global el nivel de facilidad, para esto se establece un rango puesto que el resultado del promedio no siempre va a ser 1, 3 o 5.

Las 3 actividades requeridas para el mantenimiento de la letrina compostera dan una sumatoria final de 11 y un promedio de 3.6, el cual cae en el rango de 3- 4. Mientras que para el biodigestor las 4 actividades de mantenimiento tienen una sumatoria de 6 y un promedio de 1.5, valor que cae dentro del rango de 1 – 3. Estos resultados se pueden observar en la tabla 30.

Tabla 30. Resultados de la habilidad requerida para realizar labores de mantenimiento de las tecnologías de saneamiento.

Habilidad requerida	Promedio	Rango
Letrina compostera	3.6	3 - 4
Biodigestor	1.5	1 - 3

Finalmente, de acuerdo con el rango obtenido en la tabla 30, se conoce la facilidad de mantenimiento y se le asigna una calificación a las tecnologías como se puede ver en la tabla 31.

Tabla 31. Criterio de calificación para el parámetro Facilidad de mantenimiento.

Facilidad de mantenimiento	Rango	Calificación
Difícil mantenimiento	1 – 3	1
Moderado mantenimiento	3 – 4	3
Fácil mantenimiento	4 – 5	5

6. Tiempo de construcción

Cada una de las tecnologías tiene tiempos de construcción diferentes, esto gira en torno al tipo de material utilizado para la construcción y a las habilidades del albañil o de la persona capacitada para realizar el trabajo. El tiempo de construcción aproximado (tabla 32) para las tecnologías diseñadas en el ANEXO II y III fueron consultados con maestros albañiles y plomeros familiarizados con las letrinas y biodigestores.

Tabla 32. Tiempo de construcción para las tecnologías de saneamiento.

Tecnologías	Tiempo de construcción
Letrina compostera	1 – 2 semanas
Biodigestor	0 – 1 semana

Para establecer el criterio de calificación se realizó la siguiente pregunta a la comunidad “¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?” puesto que es importante que una persona del hogar se encuentre en casa y supervise el avance de la obra realizada por el albañil o el plomero.

El resultado de esta pregunta se puede observar en la figura 12, donde la comunidad en su mayoría prefiere que el tiempo de construcción no exceda de una semana.

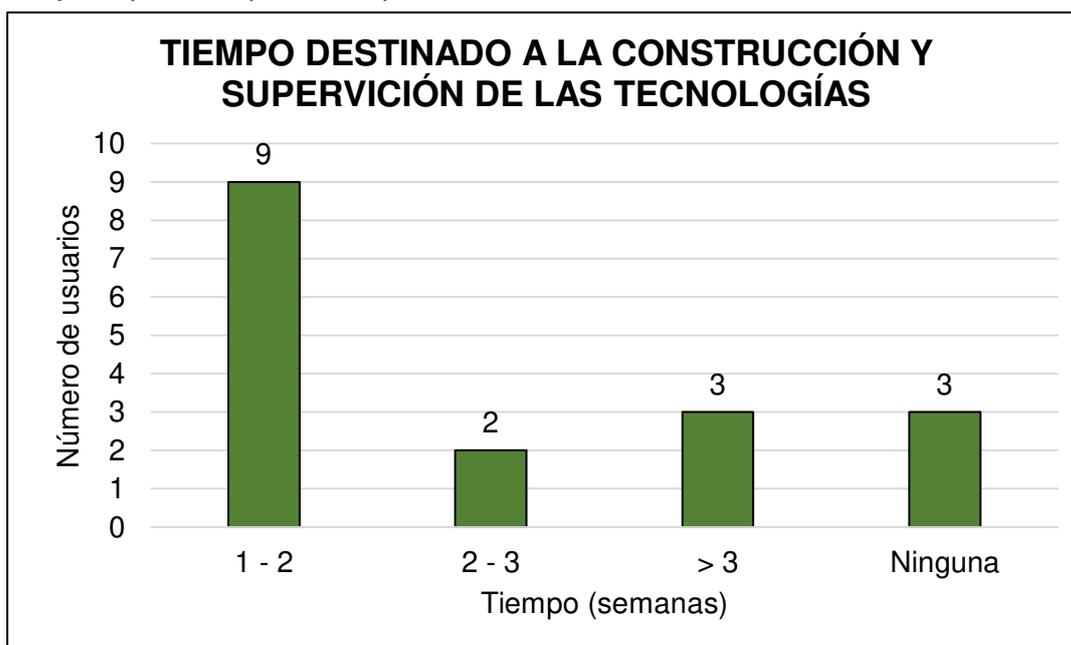


Figura 12. Tiempo que la comunidad de San Rafael está dispuesta a destinar para la construcción y supervisión de las tecnologías.

La calificación para este parámetro se estableció entorno a los resultados de la encuesta, tal como se puede ver en la tabla 33.

Tabla 33. Criterio de calificación para el tiempo de construcción.

Criterio	Calificación
Elevado tiempo de construcción (> 3 semanas)	1
Moderado tiempo de construcción (2 – 3 semanas)	3
Bajo tiempo de construcción (1 – 2 semana)	5

7. Estabilidad del suelo

La estabilidad del suelo está relacionada con la capacidad de carga, es decir cuanto peso de construcción soporta el suelo por m², sin que se desestabilicen los taludes. Para conocer el peso de la construcción se ha estimado el peso de la caseta y del biodigestor. Estos valores se pueden observar en la tabla 34.

Tabla 34. Estimación de la capacidad de carga de las tecnologías de saneamiento

Tipo de tecnología	Peso de la construcción(ton)	Área de construcción (m²)	Capacidad de carga (ton/m²)
Letrina compostera	1.5	2 m ²	0.75
Biodigestor	0.05	1.5 m ²	0.03

Para determinar la capacidad de carga del suelo de la comunidad se requiere conocer el ángulo de fricción y la cohesión del suelo mediante la aplicación del ensayo triaxial realizado con muestras de campo. Para esto se recopilieron datos del estudio “Alternativas para el manejo de excretas de la comunidad San Rafael, Parroquia Checa” de David Cajas, mediante el cual se conoce el dato experimental de la capacidad de carga (tabla 35).

Tabla 35. Capacidad de carga del suelo de la parroquia San Rafael, Checa.

Resultados	Capacidad de carga del suelo (ton/m²)
Humedad: 34.86 %	930 Ton/m ²
Densidad: 1.73 (g/cm ³)	
Cohesión: 1.90 (kg7cm ²)	
Ángulo de fricción: 30.54 (°)	

Para calificar la estabilidad del suelo, se comparó las capacidades de carga teóricas (tabla 34) con la experimental (tabla 35) y se asigna la calificación acorde a la tabla 36.

Tabla 36. Criterio de calificación para la estabilidad del suelo

Criterio	Calificación
Estabilidad del suelo no adecuada para la implementación (> 930 Ton/m ²)	1
Estabilidad del suelo adecuada para la implementación (≤ 930 Ton/m ²)	5

8. Disponibilidad del terreno

Los espacios verdes suelen ser de vital importancia para la comunidad, ya que pueden ser aprovechados para realizar actividades de agricultura, recreación etc. Por lo tanto, la disponibilidad del terreno se encuentra establecido acorde a las dimensiones mínimas de área que se requiere para construir las tecnologías de saneamiento de acuerdo con la guía de diseño (Anexo II y III). Esta puede observarse en la tabla 37.

Tabla 37. Área requerida para la construcción de los métodos de saneamiento.

Tipo de tecnología	Área requerida (m²)
Letrina compostera	2 – 4
Biodigestor	1 - 3

Para conocer la disponibilidad de terreno se realizó la pregunta “¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?”, obteniendo como respuesta lo establecido en la figura 13.

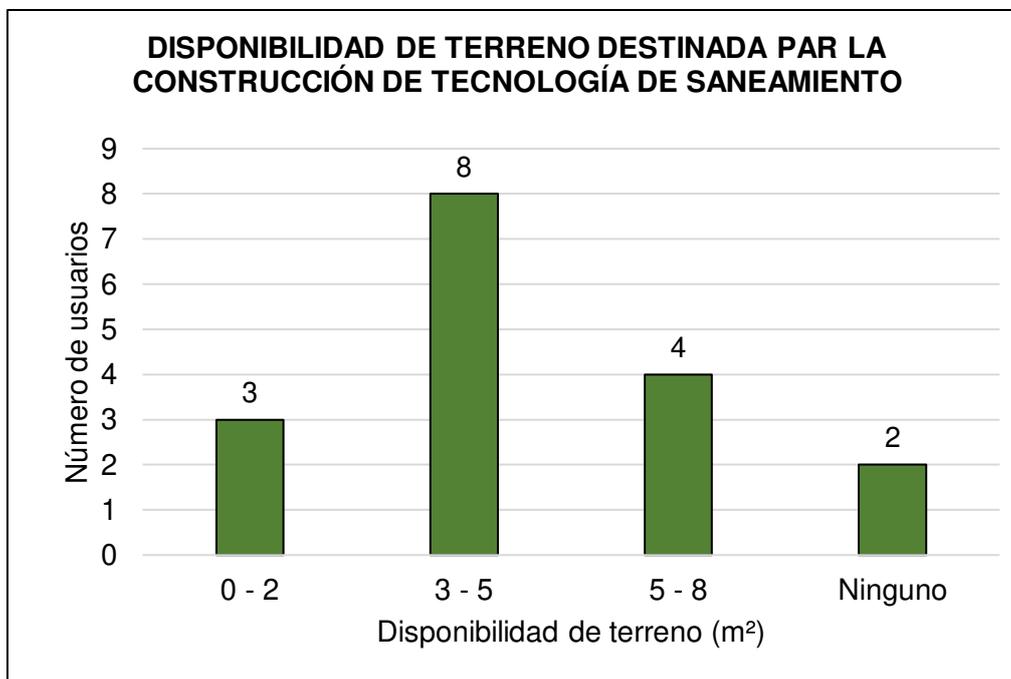


Figura 13. Área de terreno que la comunidad de San Rafael está dispuesta a destinar para la construcción de las TS

En la figura 13, se observa que el área de terreno que las personas de la comunidad están dispuestas a ceder para la construcción de la tecnología se encuentra en un rango de 3 – 5 m² por lo cual, se escogió este rango para establecer el criterio de calificación, tal como se observa en la tabla 38.

Tabla 38. Calificación de la disponibilidad del terreno.

Criterio	Calificación
Terreno no disponible por cada familia (> 5 m ²)	1
Terreno disponible por cada familia (≤ 3 m ² – 5 m ²)	

9. Tiempo de vida de la tecnología

El tiempo de vida útil de la tecnología se encuentra estimado de manera teórica en la tabla 39. El cual muestra los años aproximados de utilidad de las tecnologías siempre y cuando se mantengan en buenas condiciones.

Tabla 39. Vida útil de las tecnologías de saneamiento

Tipo de tecnología	Tiempo de vida útil (años)
Letrina compostera	15 - 20
Biodigestor casero	5 - 10

En la tabla 40, se presentan las ponderaciones para las tecnologías.

Tabla 40. Calificación respecto a la vida útil de las tecnologías de saneamiento.

Criterio	Calificación
Deficiente vida útil (< 5 años)	1
Adecuada vida útil (5 – 10 años)	3
Óptima vida útil (> 10 años)	5

2.4.2.2. Factores sociales

1. Disposición de materiales de higiene anal

Es importante conocer la disposición final de los productos que se utilizan para la limpieza anal en la comunidad, pues esto permite estimar la tecnología ideal para la población de acuerdo con las prácticas de higiene. Para conocer este parámetro se realizó la pregunta:

“¿Qué material usa para la limpieza personal para ir al baño?” y a aquellos encuestados que respondieron papel higiénico se les realizó la siguiente pregunta “¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?”.

Los resultados se pueden observar en la figura 14.

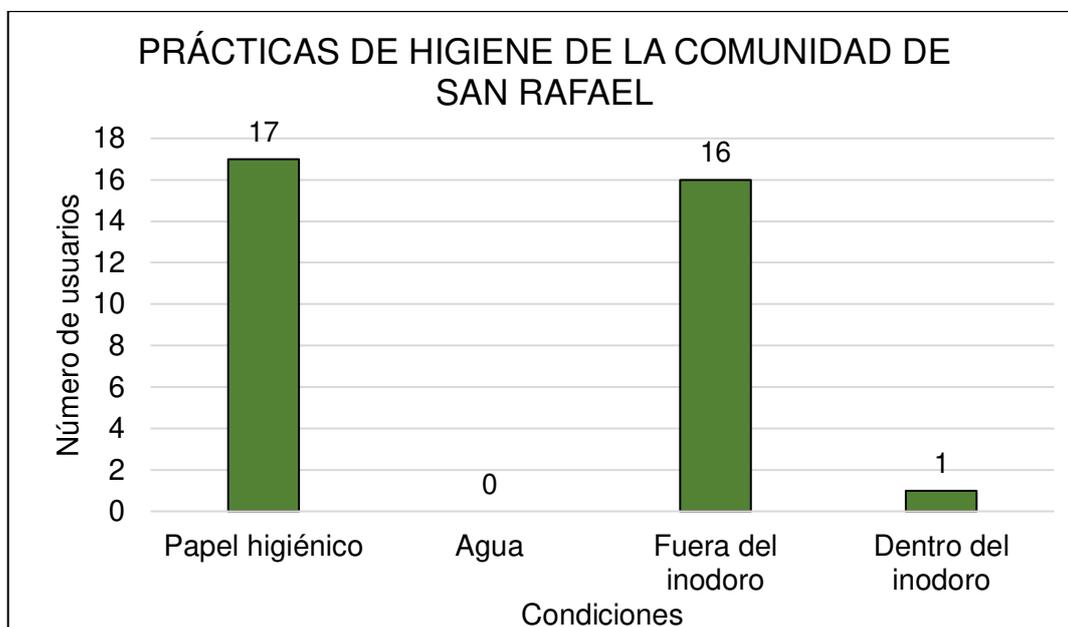


Figura 14. Prácticas de higiene anal en la comunidad San Rafael

En la tabla 41, se colocan calificaciones para el método de saneamiento seco, referido a la letrina compostera.

Tabla 41. Calificación sobre el uso de materiales de limpieza anal para la letrina compostera.

Criterio para la letrina compostera	Calificación
El usuario usa agua	1
El usuario usa papel y deposita dentro del hoyo	3
El usuario usa papel y lo deposita fuera del hoyo	5

Para el caso de la tecnología que necesita de agua, el criterio estará definido en la tabla 42.

Tabla 42. Calificación sobre el uso de materiales de limpieza anal para el biodigestor.

Criterio para el Biodigestor	Calificación
El usuario usa papel y deposita dentro del inodoro	1
El usuario usa agua	3
El usuario usa papel y lo deposita fuera del inodoro	5

2. Aceptación cultural

La aceptación cultural es una característica importante e incluso determinante para la implementación de las tecnologías. Para conocer el criterio de la comunidad ante las propuestas de saneamiento se realizó una pequeña inducción respecto a las tecnologías de saneamiento, donde se dio a conocer ¿Qué es la tecnología de saneamiento?, partes que lo conforman y se dictó ciertas ventajas y desventajas tanto de la letrina compostera, como del biodigestor.

Luego de finalizar con la charla se procedió a realizar las siguientes preguntas para conocer la aceptación cultural para la letrina compostera y el biodigestor.

Para conocer la posición de la comunidad ante la letrina compostera se preguntó “¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?”

La ponderación dada por la comunidad se puede observar en la figura 15.

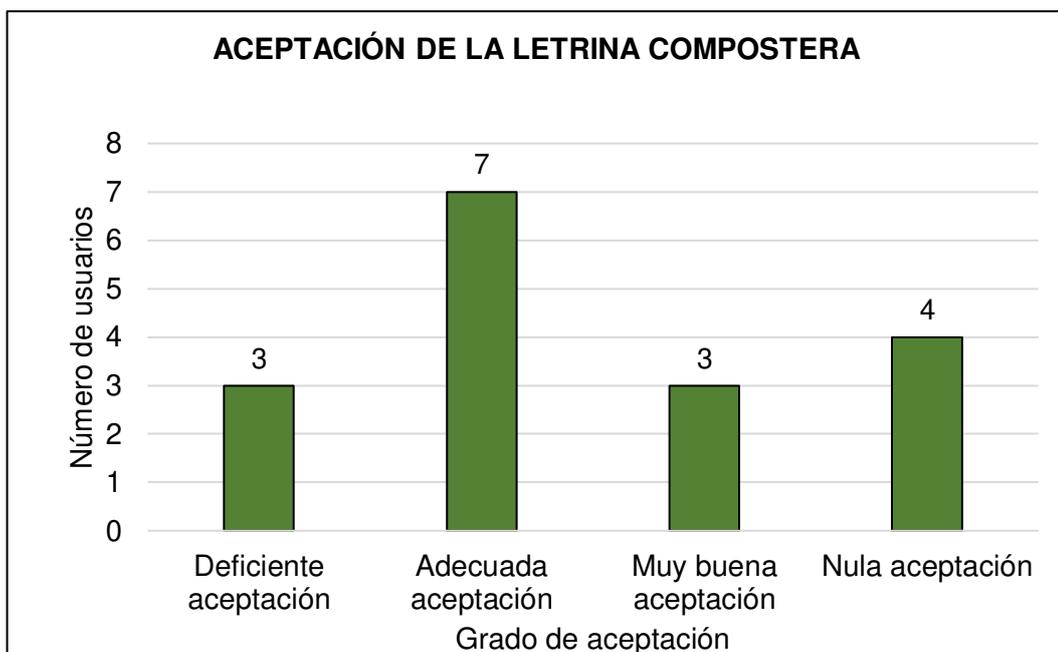


Figura 15. Aceptación cultural para la letrina compostera

De esta figura, se observa que a 7 de 17 personas encuestadas les pareció adecuada la idea de la letrina compostera, dentro de este parámetro resaltaron que la idea de aprovechar los residuos les parece interesante y es algo que harían para conseguir abono y usarlo en sus cultivos, esto se puede observar en el Anexo IV, donde se encuentra adjunto el modelo de encuesta realizada.

Para conocer la posición de la comunidad ante el biodigestor se realizó la pregunta. “¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?”.

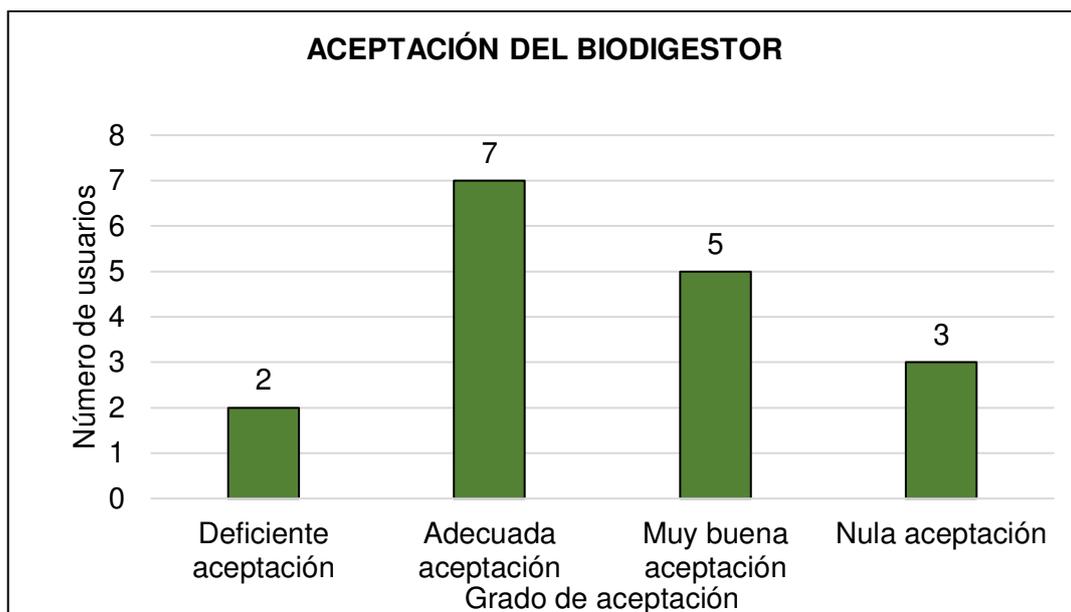


Figura 16. Aceptación cultural para el biodigestor

El biodigestor al igual que la letrina compostera tuvo una aceptación adecuada, puesto que a 7 de 17 encuestados les pareció interesante de aprovechar los residuos, en este caso la generación de biogás y biol.

En la tabla 43, se pueden observar las ponderaciones establecidas para este parámetro.

Tabla 43. Calificación sobre la aceptación cultural

Criterio Tanque	Calificación
Nula aceptación	0
Deficiente aceptación	1
Adecuada aceptación	3
Muy buena aceptación	5

2.4.2.3. Factores ambientales

1. Aprovechamiento de residuos fecales

Este aspecto toma al aprovechamiento de residuos fecales como los productos resultantes de la transformación vía aerobia o anaerobia. En la tabla 44, se muestra si existe aprovechamiento de los productos finales en las tecnologías y se considera el tiempo en el que estos productos pueden ser aprovechados por el usuario.

Tabla 44. Aprovechamiento de residuos finales de las tecnologías de saneamiento.

Tecnología	Se puede aprovechar	Producto final	Aprovechamiento de productos (tiempo)
Letrina compostera	Si	Compost	Cada 4 - 6 meses
Biodigestor	Si	Biol	Cada 3 – 6 meses
		Biosol	Cada 3 meses
		Biogás	De manera continua

El criterio de aprovechamiento se muestra en la tabla 45, en el cual se definió rangos de aprovechamiento para poder cuantificar este parámetro.

Tabla 45. Criterio de calificación para el aprovechamiento de residuos fecales

Criterio (Tiempo de aprovechamiento)	Calificación
No existe aprovechamiento	0
Deficiente aprovechamiento de productos finales (5 años)	1
Adecuado aprovechamiento de productos finales (2 años)	3
Muy buen aprovechamiento (<6 meses)	5

2. Uso de agua por la tecnología

La letrina compostera es un método de saneamiento en seco por este motivo no se utiliza agua, mientras que el biodigestor es una tecnología que necesita agua para su funcionamiento y que necesita ir conectado al sanitario al inicio del sistema de tratamiento.

En la tabla 46, se detalla las tecnologías de saneamiento que usan o no usan agua.

Tabla 46. Tecnologías de saneamiento que usan o no agua.

Tecnología	Usa agua
Letrina compostera	No
Biodigestor	Si

La comunidad cuida bastante el agua ya que es utilizada para la agricultura, ganadería y consumo humano, por lo cual, es importante evitar la contaminación de las aguas limpias. Debido a esto, se califica el criterio de acuerdo con si se usa o no agua, ya que al utilizar agua es inevitable la contaminación de aguas limpias en aguas residuales y eso reduce la sustentabilidad de la tecnología propuesta.

La ponderación otorgada para este parámetro se encuentra detallada en la tabla 47.

Tabla 47. Calificación para el criterio de uso de agua por descarga

Criterio	Calificación
Usa agua	1
No usa agua	5

3. Presencia de vectores

Los vectores son animales (insectos, roedores, moscas) que actúan como agentes infecciosos, los cuales provocan enfermedades en la población. Suelen aparecer y repercutir en el funcionamiento de la tecnología independientemente del mantenimiento que se le otorgue al sistema de saneamiento.

En la tabla 48, se encuentra establecido la atracción de vectores hacia las tecnologías de saneamiento.

Tabla 48. Existencia de vectores por la implementación de las tecnologías de saneamiento

Tecnología	Existe atracción de vectores por la existencia de la tecnología
Letrina compostera	Si
Biodigestor	No

En la tabla 49, se coloca el criterio de calificación para este parámetro, acorde a la presencia de vectores.

Tabla 49. Calificación para el parámetro “presencia de vectores”.

Criterio	Calificación
Alta presencia de vectores	1
La presencia de vectores es media	3
No existe presencia de vectores	5

2.4.2.4. Factores económicos

1. Costos de construcción (material y mano de obra)

El parámetro de costos de construcción toma en cuenta la sumatoria de material y la mano de obra dando como resultado lo establecido en la tabla 50.

Tabla 50. Costos de construcción de las tecnologías de saneamiento

Tecnología	Costo de construcción (USD)
Letrina compostera	738.25
Biodigestor	450.98

Para conocer la cantidad de dinero que la comunidad podría aportar para la construcción de las tecnologías de saneamiento se preguntó “¿Cuál es su ingreso económico mensual?”. Los resultados se pueden observar en la figura 17.

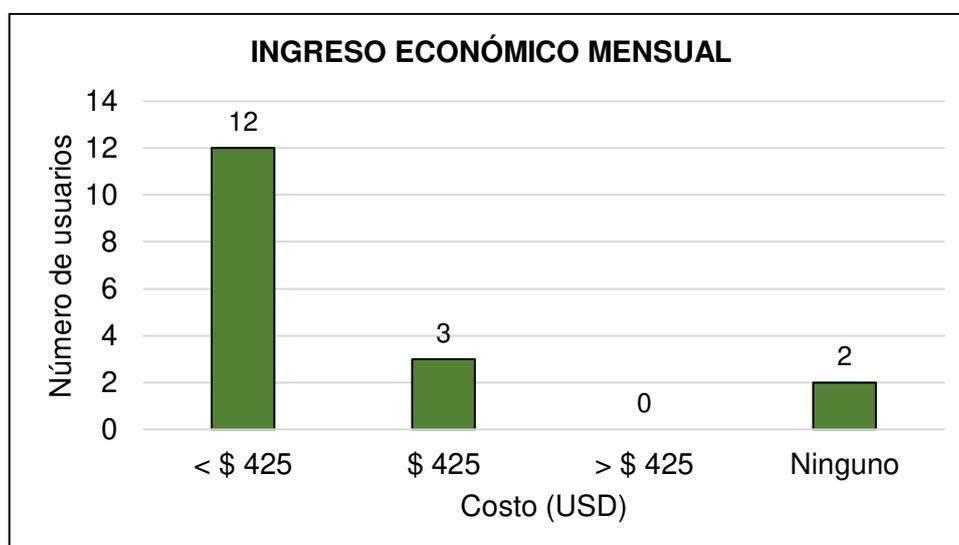


Figura 17. Ingreso económico mensual de la comunidad San Rafael

Como se puede observar en la figura 17, la mayor parte de los encuestados tiene un ingreso económico mensual menor al básico, por lo tanto, este valor será elegido para colocar el criterio de calificación para las tecnologías (Tabla 51).

Tabla 51. Calificación para el criterio de construcción

Criterio	Calificación
Alto costo de construcción (> \$425)	1
Bajo costo de construcción (\leq \$425)	5

2. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento que se observan en la siguiente tabla 52, se dictan dentro de rangos, puesto que no se puede saber de manera certera que componente(s) de las tecnologías son las que deberán ser reparadas o cambiadas.

Tabla 52. Costo de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento

Tecnologías de saneamiento	Costo (USD)
Biodigestor	20 - 30
Letrina compostera	20 - 50

Para conocer el rango de dinero que los usuarios de la tecnología estarían dispuestos a pagar para mantener la tecnología funcionando en buenas condiciones se realizó la siguiente pregunta: “¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?”. Los resultados de esta pregunta se pueden observar en la figura 18.

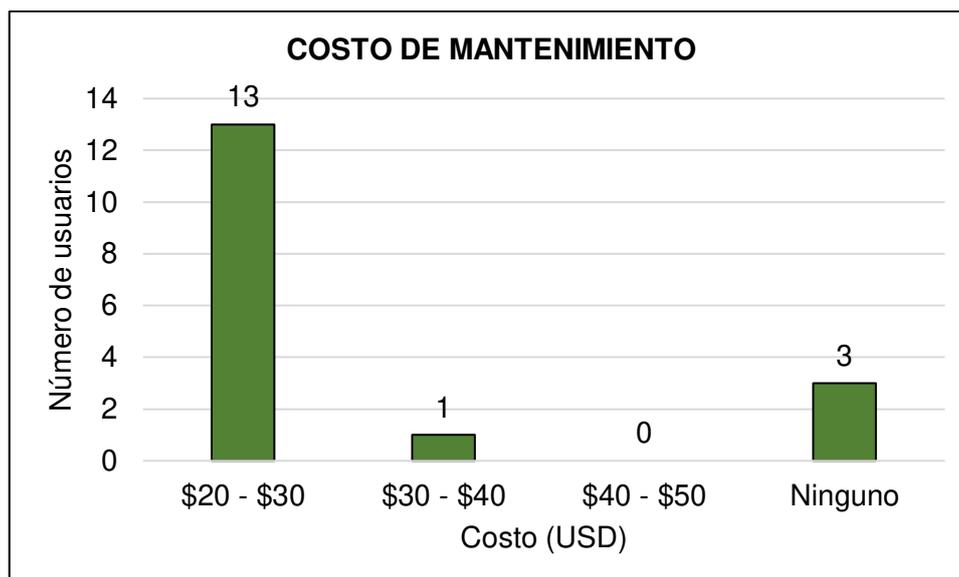


Figura 18. Costo que la población está dispuesta a otorgar para el mantenimiento

Por la figura 18, se eligió el rango de \$20 - \$30 como el criterio base para la calificación del mantenimiento de las tecnologías, tal como se muestra en la tabla 53.

Tabla 53. Criterio del costo de mantenimiento para las tecnologías de saneamiento

Criterio	Calificación
Alto costo de mantenimiento ($> \$20 - \30)	1
Bajo costo de mantenimiento ($\leq \$20 - \30)	5

3. Costos de evacuación de residuos fecales

El costo de evacuación de excretas no se toma en cuenta para la letrina compostera, puesto que la naturaleza de esta tecnología es que todos los residuos fecales sean aprovechados para realizar el fertilizante y el compost.

Este parámetro se considera útil para el biodigestor en caso de que el material orgánico que se encuentra dentro del biodigestor en forma de biol y biosol no se quiera aprovechar por el usuario, por lo cual no se realizaría el respectivo tratamiento y quedaría en forma de un lodo espeso por la combinación de la parte líquida y sólida. Es importante tener en cuenta que la evacuación es frecuente ya que se debe realizar cada 60 días, de acuerdo con el Anexo I del presente documento.

Para conocer el costo de la evacuación de excretas se evaluaron dos escenarios: El primero es contratando un servicio de evacuación de excretas que cuente con un tanquero equipado con todos los implementos necesarios para realizar la actividad (bombas,

mangueras, etc.) y que posea un lugar para realizar la disposición final de los residuos. Este servicio se puede contratar de manera comunitaria, por lo tanto, se tendría que pagar \$70 por familia para cubrir el servicio. Es decir, el tanquero tendrá que evacuar los residuos de todas las tecnologías presentes en la comunidad.

El segundo escenario es en caso de que se prefiera hacer la evacuación de excretas de forma manual utilizando una bomba (vacuum) manejada con experticia por personal capacitado. Si se opta por esta opción cada usuario asumiría el costo de la evacuación, en este caso serían \$110. Esta opción es recomendable para los hogares donde el acceso es difícil.

Por lo tanto, el rango de costos para la evacuación de residuos fecales se establece entre \$70 - \$110, ya que es el valor mínimo para pagar de manera comunitaria o individual.

Tabla 54. Costos de evacuación para las tecnologías de saneamiento

Tecnología	Costo por hora de trabajo (USD)
Letrina compostera	0
Biodigestor	70 - 110

Para conocer cuál es el método de evacuación de excretas entorno al precio preferido por la comunidad se realizó la siguiente pregunta: “¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?”, de los cuales la gran mayoría de encuestados optaron por la opción del tanquero comunitario como se puede observar en la figura 19.

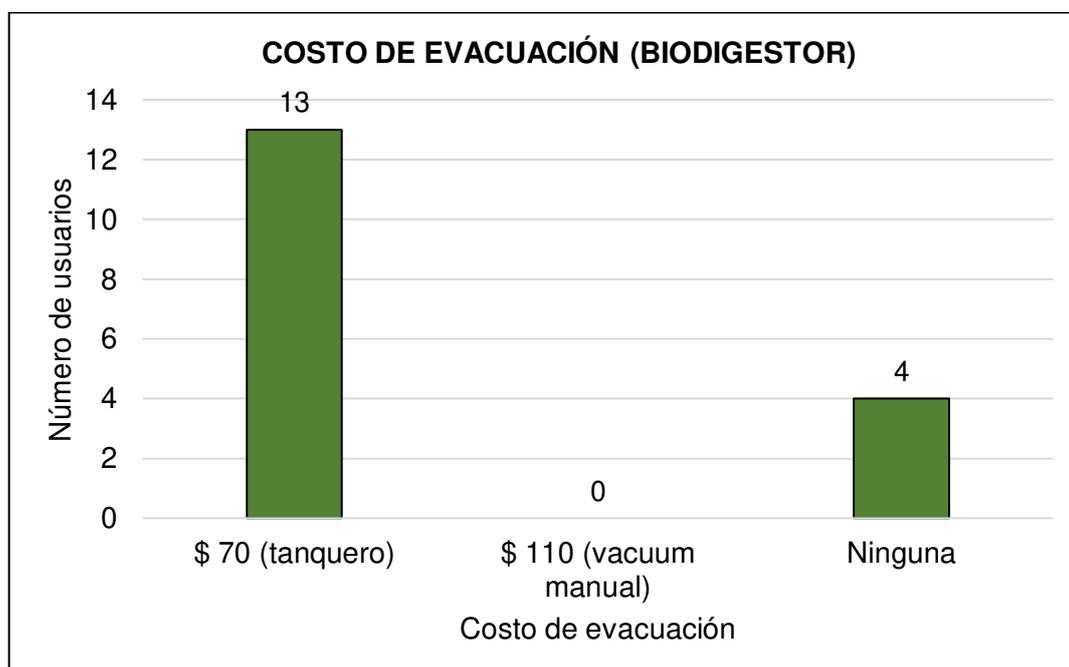


Figura 19. Costo que la población está dispuesta a otorgar para la evacuación

Para evaluar este parámetro en torno a las tecnologías, sólo se toma en cuenta si es que requiere o no evacuación de residuos fecales.

Tabla 55. Criterio de calificación para evacuación de residuos fecales

Criterio	Calificación
Necesita evacuación de residuos fecales	1
No necesita evacuación de residuos fecales	5

2.4.3. Operación de la matriz de decisión

La matriz cuenta con diversos componentes incorporados dentro de los 4 factores generales que son técnicos, sociales, ambientales y económicos.

Cuenta con 6 columnas (#, A, B, C, D, E) y 25 renglones útiles.

En la primera columna (columna #) se presenta la numeración correspondiente a cada criterio de selección. Los factores de evaluación principales se representan con números enteros y los componentes de cada factor con su numeración correspondiente (Tabla 56).

En la columna A, se presentan los valores ponderados de cada factor principal, es decir, este deberá alcanzar un porcentaje de llenado del 100%. A cada factor se le ha asignado la ponderación de acuerdo con el grado de importancia, independientemente de la tecnología que se ha evaluado. En este caso, los factores técnicos representan un 40%, sociales un 15%, ambientales 15% y económicos un 30%.

En la columna B, se encuentran especificados los criterios de selección para las tecnologías.

En la columna C, se evalúa cada factor y característica de la columna B, este debe ser evaluado de acuerdo con la calificación que se ha establecido al inicio de la columna. Se asignará el valor de 1 cuando el aspecto se cumpla en forma deficiente, 3 cuando se cumpla de manera adecuada y 5 cuando el aspecto se cumple en forma excelente o muy buena (Tabla 56).

Al finalizar la calificación en la columna C, se debe realizar la suma de los ítems correspondientes a cada factor. En este caso, en la fila 1.10, se encontrará el resultado de la suma de los criterios correspondientes al factor técnico (suma desde el ítem 1.1 hasta el 1.9), el mismo proceso se repite para los criterios sociales, ambientales y económicos.

En la columna D, la calificación asignada en cada criterio perteneciente a la columna C, se dividirá entre la calificación más alta que se podrían obtener en caso de que todo tuviese la calificación de muy bueno, es decir, las fila 1.10 se dividirá para 45 representando a los factores técnicos, la fila 2.3 se divide en 10 para los factores sociales, la fila 3.4 se divide en 15 para los factores ambientales y la fila 4.4 en 15 para los factores económicos.

En la columna E, se multiplica el valor de cada columna D por el porcentaje obtenido de la columna A, y finalmente se suman todos los renglones de la columna E para obtener una clasificación global.

La tecnología con mayor calificación será la seleccionada.

Tabla 56. Modelo de matriz de decisión para calificar las tecnologías de saneamiento.

	A	B	C	D	E
#	%	CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA	CALIFICACIÓN 1= Deficiente 3=Adecuado 5=Muy bueno	Total de C/(1.10, 2.3, 3.4, 4.4)	D*A
1	40	FACTORES TÉCNICOS			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento			
1.2		Permeabilidad del suelo			
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento			
1.4		Frecuencia de mantenimiento			
1.5		Facilidad de mantenimiento			
1.6		Tiempo de construcción			
1.7		Estabilidad del suelo			
1.8		Disponibilidad del terreno			
1.9		Tiempo de vida de la tecnología			
1.10		Calificación total del factor técnico (45)	$\Sigma(1.1:1.9)$	$=\Sigma(1.1:1.9) / (45)$	$=(\Sigma(1.1:1.9) / (45)) \times 0.4$
2	15	FACTORES SOCIALES			
2.1		Disposición de materiales de higiene anal			
2.2		Aceptación cultural			
2.3		Calificación total del factor social (10)	$\Sigma(2.1:2.2)$	$=\Sigma(2.1:2.2) / (10)$	$=(\Sigma(2.1:2.2) / (10)) \times 0.15$
3	15	FACTORES AMBIENTALES			

3.1		Aprovechamiento de residuos fecales			
3.2		Uso de agua por la tecnología			
3.3.		Presencia de vectores			
3.4		Calificación total del factor ambiental (15)	$\Sigma(3.1:3.3)$	$=\Sigma(3.1:3.3) / (15)$	$=(\Sigma(3.1:3.3) / (15)) \times 0.15$
4	30	FACTORES ECONÓMICOS			
4.1		Costos de construcción: material y mano de obra			
4.2		Costos de mantenimiento			
4.3		Costos de evacuación de residuos fecales			
4.4		Calificación total del factor económico (15)	$\Sigma(4.1:4.3)$	$=\Sigma(4.1:4.3) / (15)$	$=(\Sigma(4.1:4.3) / (15)) \times 0.30$
	100	Total (%)			$\Sigma(1.10; 2.3; 3.4; 4.4)$

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Resultados de la evaluación de las tecnologías de saneamiento

3.1.1. Matriz de decisión del Biodigestor

Tabla 57. Matriz de decisión para el biodigestor

	A	B	C	D	E
#	%	CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA	CALIFICACIÓN 1= Deficiente 3=Adecuado 5=Muy bueno	Total de C/(1.10, 2.3, 3.4, 4.4)	D*A
1	40	FACTORES TÉCNICOS			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento	5		
1.2		Permeabilidad del suelo	5		
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento	5		
1.4		Frecuencia de mantenimiento	5		
1.5		Facilidad de mantenimiento	1		
1.6		Tiempo de construcción	5		
1.7		Estabilidad del suelo	5		
1.8		Disponibilidad del terreno	5		
1.9		Tiempo de vida de la tecnología	3		
1.10		Calificación total del factor técnico (45)	39,00		
2	15	FACTORES SOCIALES			
2.1		Disposición de materiales de higiene anal	5		
2.2		Aceptación cultural	3		
2.3		Calificación total del factor social (10)	8,00		
3	15	FACTORES AMBIENTALES			
3.1		Aprovechamiento de residuos fecales	5		
3.2		Uso de agua por la tecnología	1		
3.3.		Presencia de vectores	5		
3.4		Calificación total del factor ambiental (15)	11,00		
4	30	FACTORES ECONÓMICOS			
4.1		Costos de construcción: material y mano de obra	1		

4.2		Costos de mantenimiento	5		
4.3		Costos de evacuación de residuos fecales	1		
4.4		Calificación total del factor económico (15)	7,00	0,47	14,00
	100	Total (%)			71.66

Como se puede observar en la tabla 57, el biodigestor tiene una aceptación del 71.66% dentro de la comunidad de San Rafael. Donde los factores técnicos representan el 34.66%, los sociales el 12%, los ambientales el 11% y los económicos el 14% del total.

3.1.2. Matriz de decisión letrina compostera

Tabla 58. Matriz de decisión para la letrina compostera

	A	B	C	D	E
#	%	CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA	CALIFICACIÓN 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	Total de C/(1.10, 2.3, 3.4, 4.4)	D*A
1	40	FACTORES TÉCNICOS			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento	5		
1.2		Permeabilidad del suelo	5		
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento	5		
1.4		Frecuencia de mantenimiento	5		
1.5		Facilidad de mantenimiento	3		
1.6		Tiempo de construcción	5		
1.7		Estabilidad del suelo	5		
1.8		Disponibilidad del terreno	5		
1.9		Tiempo de vida de la tecnología	5		
1.10		Calificación total del factor técnico (45)	43,00	0,96	38,22
2	15	FACTORES SOCIALES			
2.1		Disposición de materiales de higiene anal	5		
2.2		Aceptación cultural	3		
2.3		Calificación total del factor social (10)	8,00	0,80	12,00
3	15	FACTORES AMBIENTALES			
3.1		Aprovechamiento de residuos fecales	5		
3.2		Uso de agua por la tecnología	5		

3.3.		Presencia de vectores	3		
3.4		Calificación total del factor ambiental (15)	13,00	0,87	13,00
4	30	FACTORES ECONÓMICOS			
4.1		Costos de construcción: material y mano de obra	1		
4.2		Costos de mantenimiento	1		
4.3		Costos de evacuación de residuos fecales	5		
4.4		Calificación total del factor económico (15)	7,00	0,47	14,00
	100	Total (%)			77,22

La letrina compostera es la tecnología de saneamiento que tiene una aceptación del 77.22% dentro de la comunidad, de los cuales el 38.22% representa a los factores técnicos, el 12% a los sociales, el 13% a los ambientales y el 14% a los económicos.

3.1.3. Análisis de resultados

3.1.3.1. Resultados de los factores técnicos

1. Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento.

La distancia que existe entre la casa más cercana y la fuente de abastecimiento de agua en San Rafael es de 150 m. Esta distancia es muy buena para colocar ya sea el biodigestor o la letrina compostera puesto que estas tecnologías necesitaban de distancias mayores a 30 m y 15 m, respectivamente.

Por lo tanto, la distancia real es mayor a la sugerida por bibliografía, por lo cual tiene un criterio de calificación de muy bueno para ambas tecnologías y se le otorga una calificación de 5, ya que esto garantizaría que las tecnologías de saneamiento no se pongan en contacto con las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad y protegería la salud de los pobladores al evitar enfermedades ocasionadas por infecciones causadas por agentes patógenos.

2. Permeabilidad del suelo

La construcción de las tecnologías de saneamiento se debe realizar en suelos con coeficientes de permeabilidad que vayan desde 1×10^{-3} hasta 1×10^{-9} . La permeabilidad del suelo de San Rafael hallado de manera experimental se encuentra en un rango de $1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$, por lo cual la permeabilidad del suelo de San Rafael cae dentro del rango establecido de manera teórica. Esto quiere decir que cualquiera de las dos tecnologías

puede ser construidas en el territorio sin temor a presentar problemas en la filtración de los líquidos tratados, por lo que se otorgó una calificación de 5 de acuerdo con la tabla 22.

3. Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento

En el caso del biodigestor, la cantidad mínima de agua para evacuar las excretas tiene una calificación de 5, puesto que la tecnología requiere de 0.55 L de agua por descarga para funcionar (Anexo I), representando una cantidad de agua menor al que la comunidad utiliza para evacuar las excretas, que por medio de la encuesta se determinó que era de 5 L.

De igual manera, en el caso de la letrina compostera se le asignó una valoración de 5, puesto que al ser una tecnología en seco no requiere de agua para funcionar.

4. Frecuencia de mantenimiento

El tiempo que la población de San Rafael está dispuesta a otorgar para el mantenimiento de las tecnologías de saneamiento es igual a 7 días por año, por lo cual aquellos sistemas de saneamiento que cumplen con esta característica reciben la calificación mas alta.

Dentro del mantenimiento de la letrina compostera se tomaron en cuenta actividades como el mantenimiento de la caseta, el cambio de la malla mosquitera y la limpieza del terreno. Estas actividades no superan los 7 días por año, por lo que obtienen la calificación de 5.

De igual manera para el biodigestor se requiere hacer la reparación de tuberías, el cambio de los tanques, la reparación de la bolsa colectora de gas y la remoción del material flotante, estas actividades en conjunto tampoco superan los 7 días por año para el mantenimiento por lo que de igual manera que la letrina compostera recibe la calificación de 5.

5. Facilidad de mantenimiento

La facilidad de mantenimiento se basa en evaluar si las actividades pueden ser o no ejecutadas por el dueño de la tecnología de saneamiento.

Para el biodigestor y según los resultados de la tabla 30, la facilidad de mantenimiento de esta tecnología recibe una ponderación de 1, ya que se necesita de personal capacitado y conocimiento técnico para cambiar o reparar las tuberías, los tanques de PVC, la bolsa de recolección de biogás que pueden verse averiados por el uso o el paso del tiempo, lo cual, lo convierte en una tecnología difícil de mantener.

Para la letrina compostera, la facilidad de mantenimiento tiene una calificación de 3, es decir, las actividades de mantenimiento pueden ser desarrolladas por el dueño de la

tecnología, previa capacitación técnica, por lo cual se considera un sistema de saneamiento de mantenimiento moderado.

6. Tiempo de construcción

El tiempo de construcción para la letrina compostera es de 1 – 2 semanas, mientras que para el biodigestor es como máximo 1 semana, ambos se denominan como tiempos de construcción bajos, por lo que al comparar con los criterios de calificación establecidos en la tabla 33 y con la disponibilidad de la gente de San Rafael para construir y supervisar la obra se dictaminó que las dos tecnologías reciben una calificación de 5.

7. Estabilidad del suelo

La estabilidad del suelo se relaciona de manera directa con la capacidad de carga del suelo, por lo cual, al estimar la capacidad de carga para las tecnologías de saneamiento (0.75 ton/m² para la letrina compostera y 0.03 ton/m² para el biodigestor) y compararlas con la capacidad de carga del terreno de San Rafael hallada de manera experimental (930 ton/m²), se observa que las tecnologías no deberían representar mayor problema en el terreno en cuanto a estabilidad se refiere, por lo que se le asignó una calificación de 5, lo que indica que el suelo de la comunidad es adecuado para la implementación de las tecnologías.

8. Disponibilidad de terreno

Las tecnologías de saneamiento requieren de un área de 2 m² (letrina compostera) y 1.5 m² (biodigestor) para su construcción. Esto genera una gran ventaja puesto que la comuna está dispuesta a destinar entre 3 – 5m² por familia para la implementación de las tecnologías, por lo cual se le otorga un valor de 5 a ambas tecnologías en este criterio, ya que el espacio requerido es menor al espacio que la comuna destina.

9. Tiempo de vida de la tecnología

El biodigestor tiene una adecuada vida útil, por lo cual se le otorga una calificación de 3. Esta tecnología al ser casera dura de entre 5 – 10 años, siempre y cuando se mantengan las condiciones de mantenimiento en estado óptimo.

En el caso de la letrina compostera el tiempo de vida útil es óptimo, ya que sobrepasa los 10 años, por lo cual se le asignó una calificación de 5 dentro de la matriz de decisión.

3.1.3.2. Resultados de los factores sociales

1. Disposición de materiales de higiene anal

En las encuestas se resaltó que todos los usuarios utilizan papel higiénico y que la mayoría optaba por recoger el papel y dejarlo en la vía principal por donde pasa el recolector municipal, mientras que los que no poseían vehículo para realizar el trayecto optaban por quemar estos residuos junto a los demás desechos domésticos generados. Debido a que esta costumbre no interfiere en el funcionamiento del biodigestor, ni en el de la letrina compostera, se asigna una calificación de 5 a las dos tecnologías, bajo el criterio de que el usuario utiliza papel higiénico y lo deposita fuera del inodoro, lo que indica una correcta disposición final.

2. Aceptación cultural

En base a las encuestas realizadas en la comuna, se dictaminó que el biodigestor y la letrina compostera tienen una adecuada aceptación dentro de la comunidad. En los dos casos, 7 de 17 personas (que representan al 41% de los encuestados) optaron por esta opción puesto que les emocionaba tener la posibilidad de aprovechar los productos finales del tratamiento de excretas, es decir: el compost en el caso de la letrina compostera y el biol, el biosol y el biogás para el biodigestor. Sin embargo, no se encontraban tan atraídos a la idea de tratar con las excretas al momento de realizar los traslados de material para el compost o las evacuaciones de lodos y biol en el biodigestor, por este motivo a las dos tecnologías se les otorgó la calificación de 3.

3.1.3.3. Resultados de los factores ambientales

1. Aprovechamiento de residuos fecales

El biodigestor y la letrina compostera tienen una calificación de 5 en este parámetro de evaluación. Las dos tecnologías pueden generar productos luego del tratamiento de las excretas en un corto plazo, lo que permite aprovechar los productos en forma de compost (cada 6 meses), biol y biosol (entre 3 – 6 meses) o biogás (de manera continua).

La calificación fue otorgada en base al tiempo en el que pueden ser aprovechados los productos, dando como resultado que todos los productos son aprovechables en un tiempo menor a 6 meses, por lo cual, se les otorgó una calificación de 5 a las dos tecnologías.

2. Uso de agua por la tecnología

En el tema ambiental, lo ideal sería utilizar la menor cantidad de agua posible con el fin de evitar la contaminación de agua natural en agua residual.

Por este motivo, el biodigestor recibe una calificación de 1 ya que es una tecnología que usa agua para funcionar. Por otro lado, la letrina compostera recibe una calificación de 5, ya que no utiliza agua en su funcionamiento por lo que no se generan aguas residuales y es más amigable con el ambiente y el recurso hídrico.

3. Presencia de vectores

El biodigestor, al ser un tanque sellado herméticamente tiene bajas probabilidades de atraer a vectores hacia la cámara de digestión o las tuberías de salida, por lo tanto, recibe una calificación de 5 ya que no existe presencia de vectores a causa de la instalación de la tecnología.

Por otro lado, la letrina compostera al tener un sistema con ventilación continua, aeróbica debido a las remociones de tierra constantes y la acción de trasladar las excretas de los baldes a los tanques continuamente (2 veces por semana), tienen la cualidad de atraer vectores en un nivel medio, siendo los más presentes las moscas y mosquitos. Por este motivo se le da una calificación de 3.

3.1.3.4. Resultado de los factores económicos

1. Costos de construcción

El biodigestor presenta un costo de construcción estimado de 450.98 USD, lo que indica que la inversión supera el sueldo básico mensual de la población ecuatoriana. Este valor sobrepasa el ingreso económico mensual de la comunidad rural de San Rafael quienes se dedican a las labores de la agricultura y en su mayoría sobreviven con ingresos económicos bajos (<\$425), por este motivo la calificación para esta tecnología en este parámetro es de 1.

De la misma manera, el costo de construcción de la letrina compostera es elevado, alcanzando los 738.25 USD, obteniendo una calificación de 1 por la razón antes explicada. Dentro de este parámetro las tecnologías son muy costosas para la población y no pueden ser costeadas a corto plazo, por lo que sería importante contar con apoyo externo de instituciones dedicadas a promover el saneamiento como *The Water Project*, *World Resources Institute*, *Water.org*, etc, con la finalidad de auspiciar los proyectos de saneamiento para la comuna.

2. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento se estimaron para un periodo anual. Dentro de este parámetro el biodigestor tiene una calificación de 5, puesto que se encuentra en un rango bajo entre 20 a 30 USD. Por otro lugar, para la letrina compostera este costo es más elevado debido a que la infraestructura está compuesta por más partes susceptibles a dañarse, como son la malla mosquitera, el techo, el piso, etc., por lo cual se le asigna una ponderación de 1.

3. Costos de evacuación de residuos fecales

La letrina compostera es una tecnología que utiliza las excretas para la formación de compost, por lo tanto, no necesita de evacuación por lo que obtiene una calificación de 5. Esto representa una ventaja ante el biodigestor, que debe realizar la contratación de servicios de evacuación cada 60 días (Anexo I), en caso de que no se quiera utilizar el biol y el biosol, por lo cual se le otorga una calificación de 1 a la tecnología.

3.1.3.5. Comparación general de las tecnologías de saneamiento.

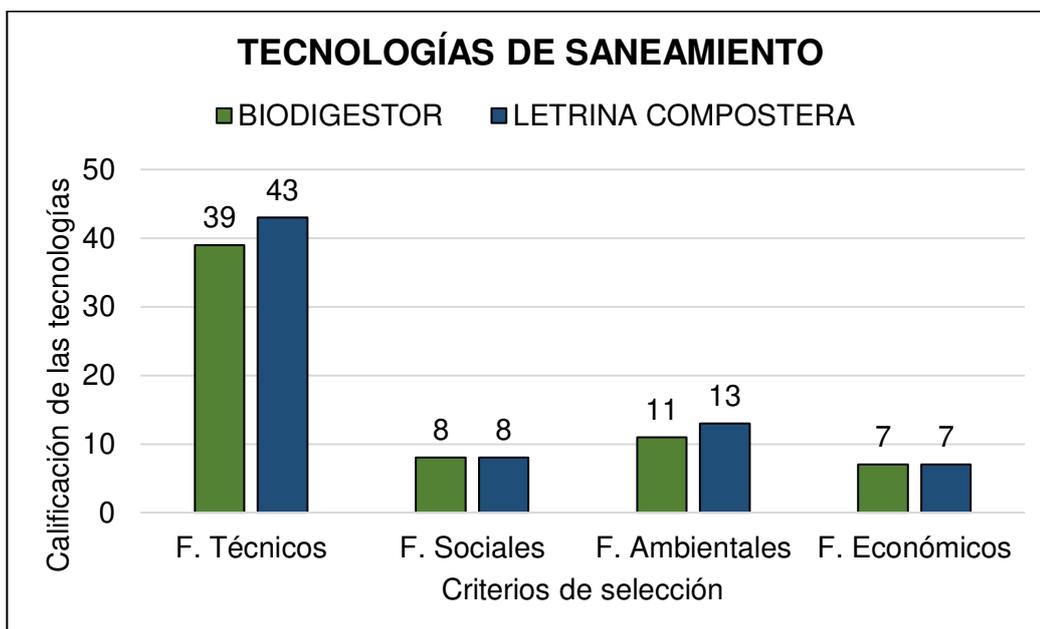


Figura 20. Comparación de los factores evaluados entre el biodigestor y la letrina compostera

Como se puede observar en la figura 20. Los factores técnicos para las dos tecnologías de saneamiento presentan una ligera diferencia, en el cual la ventaja la posee la letrina compostera con 43 puntos de los 45 otorgados para la valoración de este criterio, mientras

que el biodigestor cuenta con 39 puntos debido a las debilidades encontradas por la facilidad de mantenimiento y el tiempo de vida de la tecnología.

En el caso de los factores sociales, ambas tecnologías tienen 8 de los 10 puntos asignados para este factor, en el cual la flaqueza de este punto recae en la aceptación cultural que fue la misma para los dos sistemas y obtuvo una calificación de adecuado.

Dentro de los factores ambientales la tecnología que sobresale es la letrina compostera, puesto que tiene una gran ventaja al no utilizar agua como es el caso del biodigestor. Pese a que la letrina compostera tiene la desventaja de atraer a los vectores se considera ambientalmente sostenible por el ahorro de agua y el aprovechamiento de residuos fecales generando compost (abono) para los árboles y cultivos.

Dentro de los factores económicos tanto la letrina compostera como el biodigestor presentan un puntaje de 7 sobre 15. En el cual el mayor inconveniente se centra en los costos de construcción para ambas tecnologías, puesto que, al ser caros la comunidad no puede costearlos a corto plazo. Por otro lado, el costo de mantenimiento es desventajoso para la letrina compostera mas no para el biodigestor, y el costo de evacuación de excretas representa una desventaja para el biodigestor ya que es la tecnología que necesita asumir este costo en caso de no aprovechar los residuos fecales.

3.2. Conclusiones

- El biodigestor es una tecnología de saneamiento que se puede aprovechar de diversas maneras para conseguir diversos productos finales como biol, biosol o biogás, por lo que obtuvo una calificación final del 71.66%. Por otro lado, la letrina compostera presenta una calificación final del 77.22%, siendo esta la tecnología idónea para la comuna de San Rafael, puesto que se puede obtener compost que posteriormente puede ser utilizado como abono en los cultivos de la comuna o puede ser vendidos a otros agricultores.
- Los factores técnicos para el biodigestor tienen un puntaje del 34.66%, presentando flaqueza en la facilidad de mantenimiento puesto que se requiere de personal calificado que instruya a la población al inicio de las actividades y al momento de la evacuación de las excretas, así mismo, el tiempo de vida es de 5 – 10 años siendo esta una desventaja frente a la letrina compostera que tiene un tiempo de vida útil mayor a 10 años. Para la letrina compostera el factor técnico representa un 38.22% del 40% del total, teniendo como inconveniente la facilidad de mantenimiento de la tecnología que pese a no necesitar personal calificado para realizar las actividades

de mantenimiento si requiere de inversión de tiempo para reparar posibles daños en la caseta.

- La comunidad de San Rafael al estar situado en el páramo y poseer un clima frío entre 10 – 15°C, no genera las condiciones óptimas de temperatura para la implementación de un biodigestor, por lo que los tiempos de retención serían muy largos y la digestión de las excretas sería ineficiente ocasionado la poca o nula generación de biogás y biol. Sin embargo, este evento puede ser solucionado si se brinda aclimatación al biodigestor, para lo cual lo ideal sería cubrirlo de la lluvia y viento bajo algún techo que haya disponible en el hogar, o en casos donde la familia ya posea un invernadero se puede aprovechar el espacio y colocar el biodigestor dentro de el con la finalidad de generar las condiciones climáticas ideales.
- De la misma manera, las condiciones climáticas pueden ser poco favorables para el proceso de compostaje, ya que este es un proceso biológico que necesita de temperaturas entre 35°C – 65°C, por lo que también necesitarían de aclimatación, pudiendo ser colocados dentro de invernaderos como es el caso de los biodigestores o facilitando una cubierta de plástico negro que proteja a los tanques de la lluvia o el viento y concentre el calor en los tanques de compost.
- Las tecnologías de saneamiento, independiente de cuál sea la elegida, necesitan de periodos de mantenimiento obligatorios para evitar posibles daños o averías permanentes en las infraestructuras, por lo cual, los pobladores deben dedicarle un par de días por mes a revisar que todo se encuentre funcionando de manera correcta.
- Los factores sociales tanto para el biodigestor como para la letrina compostera representan el 12%, de los cuales el inconveniente se centró en la aceptación cultural, puesto que la comunidad está de acuerdo en aprovechar los productos finales de ambas tecnologías de saneamiento, ya que esto les permitiría mejorar la calidad del suelo y, por ende, de sus cultivos. Sin embargo, requieren de tiempo para realizar el traslado de las heces desde la caseta hasta los tanques de compost en el caso de la letrina o evacuar y darle el tratamiento adecuado al biol y al biosol en el caso del biodigestor.
- Aprovechar los productos finales que genera el biodigestor es lo más recomendable para esta tecnología, puesto que esta acción no solo generaría fertilizantes amigables con el ambiente como son el biol y el biosol, sino que además

permitiría a los pobladores conseguir plantaciones de mejor calidad e incluso sirve como ayuda económica para quien lo usa, sin embargo, si se decide no aprovechar los productos finales debe tomarse en cuenta que la evacuación de los lodos debe hacerse cada 60 días, por lo que los costos para el mantenimiento aumentarían.

- Las dos tecnologías son ambientalmente viables ya que además de servir como un sistema de saneamiento permiten obtener productos finales que ayudan a la comunidad en sus actividades agrícolas, sin embargo, la desventaja que tiene el biodigestor ante la letrina compostera es que necesita de agua para su funcionamiento, mientras que la letrina compostera no necesita de agua, lo que permite cuidar este recurso natural tan importante para la comunidad recibiendo así una calificación del 13%, mientras que el biodigestor tiene un 11% de calificación en este factor.
- El factor económico representa el 30% del total, tanto para el biodigestor como para la letrina compostera, de este componente se puede destacar que para las dos tecnologías el factor económico fue limitante, puesto que ambas tecnologías tienen un 14% de calificación en este parámetro. Este llega a ser un factor determinante en la elección de las tecnologías de saneamiento dentro de la comunidad, pues al ser una población que en su mayoría vive de la agricultura y tiene ingresos económicos menores al salario básico, no se visualiza la posibilidad de poder aplicar las ideas de saneamiento dentro de la comunidad, a menos que exista un auspicio por parte de instituciones dedicadas a resolver problemas de saneamiento (*The Water Project, World Resources Institute, Water.org, etc.*) o una reducción de costos ya sea por usar material reciclado o realizar variaciones en el diseño propuesto.
- La guía de diseño del Biodigestor y de la Letrina Compostera es una herramienta que ayuda a la comunidad a conocer maneras de gestionar su saneamiento de manera segura, económica y ambientalmente viable, mediante el apoyo de material visual que brinda información respecto a generalidades, dimensiones, materiales de construcción y mantenimiento para las tecnologías de saneamiento.

3.3. Recomendaciones

- Para el secado del biosol, la evacuación del biol y el traslado de excretas de la caseta hacia los tanques de compost se recomienda utilizar equipo de protección

personal, como guantes, mascarilla, overol y botas de caucho con el fin de evitar el contacto de las excretas con el usuario.

- Una vez terminado la aplicación del biol, biosol o el compost en los campos es recomendable lavarse las manos o bañarse.
- En caso de que el material que sale del biodigestor posea un olor desagradable, como podrido, no debe usarse sobre las plantas, más bien debe ser desechado de manera adecuada para evitar la concentración de vectores como moscas o mosquitos.
- Se sugiere realizar las encuestas a la comunidad de manera amigable, con lenguaje comprensible y con información que sea fácil de entender por todas las personas perteneciente a la comunidad, de manera que los resultados no se vean alterados o sean erróneos.
- Se sugiere utilizar las guías de saneamiento del Biodigestor y la letrina compostera como punto de partida para implementar estos métodos de saneamiento en otras comunidades que requieran un sistema de saneamiento.
- Se recomienda realizar campañas de socialización y capacitación a los pobladores sobre los sistemas de saneamiento a los que pueden acceder y como se pueden beneficiar de los mismos.
- Se sugiere que el GAD de Checa auspicie proyectos de saneamiento sostenibles como los presentados en este proyecto para solucionar el problema de saneamiento que tiene San Rafael y parroquias aledañas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acción contra el hambre. (2022). *Aguas negras: ¿qué son y cómo pueden tratarse?*
Obtenido de <https://www.accioncontraelhambre.org/es/aguas-negras-que-son>
- Adrover, M., Cotabarren, I., Madies, E., Rayes, M., Rodriguez, S., & Pedernera, M. (2020). Anaerobic co-digestion of rabbit manure and sorghum crops in a bench-scale biodigester. *Springer Open*, 4.
- Agitadores para digestores de biogás y fermentación.* (2022). Obtenido de Xylem: <https://www.xylem.com/es-es/solutions/agriculture--irrigation/biogas/fermentation--digestion/brands/>
- Agricultural Utilization Research Institute. (2020). *Energized to Reuse Organic Waste.*
Obtenido de <https://auri.org/ag-innovation-news/jul-sep-2020/energized-to-reuse-organic-waste/>
- Aguilar, S. (2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de la salud. Salud en Tabasco* , 11 (1 - 2). Tabasco.
- Arrieta, W. (2016). *Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético de estiércol de ganado (Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánico - Eléctrica).* Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería Mecánico - Eléctrica.
- Avilana. (2014). *Ventajas y desventajas de un biodigestor.* Obtenido de <http://anvilanaproyecto.blogspot.com/2014/08/ventajas-y-desventajas-de-un-biodigestor.html>
- Banco de Desarrollo Interamericano. (2019). *Manual de construcción y mantenimiento de letrinas.*
- Bermudez , C., & Díaz, M. (2010). Instrumentación de un biodigestor de estiércol animal para analizar comportamiento dinámico. Bucaramanga.
- Biodigestor casero.* (2022). Obtenido de EcoInventos: <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>
- Bravo, C. (2022). *Mejores alternativas para el tratamiento doméstico del agua para la comuna de San Rafael - Checa, cantón Quito, provincia de Pichincha [Trabajo de integración curricular presentado como requisito para la obtención de título de ingeniero ambiental].* Quito - Ecuador. : Escuela Politécnica Nacional.

- Cárdenas, R., & Parrales, I. (2017). Saneamiento ecológico para la disposición de excretas. *Producción científica*.
- Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez - CAR. (1986). *Tratamiento de excretas*. Obtenido de <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33811/04421.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, S. (2018). *Plan de ordenamiento territorial de la parroquia Checa, Quito - Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Cuchillo, O. (2018). *LOS BIODIGESTORES, IMPORTANCIA Y BENEFICIOS*. Obtenido de Civilgeeks.com.: <https://civilgeeks.com/2015/05/27/los-biodigestores-importancia-y-beneficios/>
- Deublein, D., & Steinhauser, A. (2008). Biogas from waste and renewable resources. An Introduction. *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim*.
- EcoInventos. (2022). Obtenido de ¿Cómo hacer un biodigestor casero?: <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>
- ECOSAN. (2018). *“Manual de construcción de baño ecológico seco”*,. Perú: Fundación Rinaldi y la Cooperación de Navarra.
- FAO. (2009). Permeabilidad del suelo.
- Gruposacsa. (2016). *Importancia del fósforo por las plantas*. Obtenido de <https://www.gruposacsa.com.mx/importancia-del-fosforo-por-las-plantas/#:~:text=El%20f%C3%B3sforo%20es%20vital%20para,y%20frutas%20de%20baja%20calidad.>
- Guía de protección ambiental. (1996). *Tomo I: Introducción, planificación Suprasectorial, Infraestructura*. .
- Holm-Nielsen, J., Al Seadi, T., & Oleskowicz - Popiel, P. (2009). *The future of anaerobic digestion and biogas utilization*. Obtenido de Biores Technol: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>
- Homebiogas. (2021). *WHAT IS BIOGAS? A BEGINNERS GUIDE*. Obtenido de <https://www.homebiogas.com/blog/what-is-biogas-a-beginners-guide/>
- Hu, S. (2020). *Composting*. Obtenido de NRDC: <https://www.nrdc.org/stories/composting-101>

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. (2018). *El suelo: la conservación de un recurso estratégico*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/el-suelo-la-conservacion-de-un-recurso-estrategico>
- Krosofsky, A. (2020). *What Is a Composting Toilet, and How Do They Actually Work?* Obtenido de <https://www.greenmatters.com/p/how-do-composting-toilets-work>
- Layman. (2016). *Composting Toilet Operation and Maintenance is Easy to Accomplish and Requires No Special Skills or Tools*. Obtenido de <http://www.clean-water-for-laymen.com/composting-toilet.html#:~:text=A%20properly%20constructed%20and%20operated,with%20tar%20or%20other%20material.>
- Letrinas aboneras ecológicas Ecosan con separación de orina*. (2021). Obtenido de Wikiwater: <https://wikiwater.fr/a10-letrinas-aboneras-ecologicas.html>
- Maina, C., & Gathenya, J. (2014). Influence of Economic Factors on Performance of Project Management among Petroleum Marketing Firms in Kenya. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 152 - 153.
- Mallikarachchi, M. (2020). *What is a Biodigester? And How Can Your Business Benefit from One?* Obtenido de Green Business Bureau: <https://greenbusinessbureau.com/blog/what-is-a-biodigester/>
- Mancomunidad de Residuos Domésticos de Cinco Villas Bortziriak. (2022). Obtenido de Factores que influyen en el compostaje: Mancomunidad de Residuos Domésticos de Cinco Villas Bortziriak.
- Mantenimiento y Precauciones del Biodigester Rotoplas*. (2019). Obtenido de <https://blog.distribuidornacional.com/2019/06/mantenimiento-y-precauciones-del-biodigester-rotoplas/>
- Martinez, R. (2020). Componentes de un biodigester. *Academia*, 1-6.
- Medina , A., Lawrence , Q., & Juscamaita, J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *nales científicos*, 116–124. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>.
- Mena, C. (2004). *Las excretas y aguas grises o de lavado andan por ahí. Tema 3*. Obtenido de

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Mayo2004/pdf/spa/doc14779/doc14779-3.pdf>

Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador. *Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF (INEC-UNICEF)*.

Nature Loo. (2021). *What are the benefits of a composting toilet?* Obtenido de <https://www.nature-loo.com.au/blog/what-are-the-benefits-of-a-composting-toilet>

OAS. (2022). *Importancia del sector social*. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea34s/ch008.htm#TopOfPage>

Okelo, A. (2022). *What Is a Biodigester Waste System and How Does It Work?* Obtenido de Dengarden: <https://dengarden.com/misc/What-is-a-Bio-Digester>

OMS. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater use in agriculture and aquaculture. Socio cultural, environmental and economic Aspects.3 (7)*. *World Health Organisation*. Obtenido de www.who.int/sites

OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>

OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Guía para el saneamiento y la salud, Capítulo 2: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>

OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Guía para el saneamiento y la salud, Capítulo 6. : <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>

OMS. (2022). *Saneamiento*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

ONU. (2019). *Objetivos de desarrollo sostenible: Objetivo 6*. . Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2005). *Guía de diseño de letrina con arrastre hidráulico y letrina de pozo anegado*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ORGANIZACION%20DE%20LA%20SALUD%202005.%20Gu%C3%ADa%20de%20dise%C3%B1o%20de%20letrinas%20con%20arrastre%20h.pdf

- PAHO. (2010). *SANEAMIENTO RURAL Y SALUD / GUÍA PARA ACCIONES A NIVEL LOCAL*. Recuperado el 2022, de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo4.pdf>
- Raymond, N. (2006). the elapsed period from the commencement of site works to the completion and handover of a building to the client. The construction time of a building is usually specified prior to the commencement of construction. págs. 81 - 89.
- Richert, A., Gensch, R., Jonsson, H., Stenstrom, T., & Dagerskog, L. (2011). *Guía Práctica de Uso de la Orina*. Sweden: Stockholm Environment Institute.
- Rodriguez, H. (2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Ron. (2018). *Como hacer un barometro casero*. Obtenido de Loexperimentos.com: <http://loexperimentos.com/como-hacer-un-barometro-casero/>
- Rotoplas. (2013). *Soluciones para mejora de saneamiento. Biodigestor Autolimpiable. Manual de instalación y mantenimiento*. . Obtenido de <https://rotoplas.com.mx/rtp-resources/productos/biodigestor/biodigestor-manual.pdf>
- Rotoplas. (2018). *Conoce el biodigestor Rotoplas y sus funciones*. Obtenido de <https://rotoplas.com.ar/conoce-el-biodigestor-rotoplas-y-sus-funciones/>
- Roulli, C. (2016). *Costos de mantenimiento*. Obtenido de http://easy-maint.net/blog_easymaint/2016/07/13/costo-de-mantenimiento/
- Sacher, N., Dumlao, M., & Gensch, R. (2019). *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology*. Obtenido de Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition: <https://sswm.info/factsheet/direct-use-of-biogas>
- SERMANAT, Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. (2010). *Especificaciones Técnicas para el Diseño y construcción de Biodigestores en México*. México.
- SICA. (2013). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales: Situación actual y perspectivas. Sistema de la integración Centroamericana*, 17.
- Tapia, V. (2016). *Instalación y uso de biogás*. Perú: CARE y USAID - OFDA.
- Tesaurus. (2013). *Tiempo de vida*. Obtenido de Definición.es: <https://boletinagrario.com/ap-6,tiempo+de+vida,4301.html#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20tiempo%20de>

%20vida&text=Tiempo%20durante%20el%20cual%20un,para%20su%20uso%20o
%20consumo.

The Official Information Portal on Anaerobic Digestion. (2022). *Digestate*. Obtenido de <https://www.biogas-info.co.uk/about/digestate/#:~:text=Digestate%20can%20be%20used%20whole,m more%20easily%20to%20growing%20crops>.

Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrugg, C. (2018). *Reactor de biogás*. Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/recoleccion-y-almacenamiento/reactor-de-biogas>

U.N.P.L. (2019). *Estructura y estabilidad del suelo*. Obtenido de [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42966/mod_resource/content/1/TEMA%206%20-%20ESTRUCTURA%20Y%20ESTABILIDAD%20ESTRUCTURAL%2026-3-19.pdf#:~:text=La%20estabilidad%20de%20la%20estructura,el%20pisoteo%2C%20manipulaciones%20mec%C3%A1nicas\).&te](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42966/mod_resource/content/1/TEMA%206%20-%20ESTRUCTURA%20Y%20ESTABILIDAD%20ESTRUCTURAL%2026-3-19.pdf#:~:text=La%20estabilidad%20de%20la%20estructura,el%20pisoteo%2C%20manipulaciones%20mec%C3%A1nicas).&te)

UNICEF. (2018). *El agua, un derecho humano pendiente para los niños del Ecuador*. Obtenido de <https://www.unicef.org/ecuador/comunicados-prensa/el-agua-un-derecho-humano-pendiente-para-los-ni%C3%B1os-del-ecuador#:~:text=%E2%80%9CAcceder%20a%20agua%20potable%20y,la%20nutrici%C3%B3n%20y%20la%20educaci%C3%B3n>.

UNICEF; Catholic Relief Services (CRS). (2012). *Baños ecológicos secos. Manual de operación y mantenimiento*. Bolivia.

UNICEF; WHO; World Bank. (2018). *Joint child malnutrition estimates - Levels and trends*. Global Database on Child Growth and malnutrition.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. México: IDCR - UNAM.

Varnero, M. (2011). Manual de Biogás. . *Santiago de Chile (Chile): MINERGÍA, PNUD, FAO, GEF. URL*.

Vinje, E. (2020). *Composting Toilets – Benefits & Knowledge | Planet Natural*. Obtenido de <https://www.planetnatural.com/composting-toilets/>

Wellinger, A., Murphy, J., & Baxter, D. (2013). The biogas handbook: science, production and applications. *Elsevier Science*. Obtenido de Elsevier Science.

WHO. (2006). *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater (Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture)*. Francia.

WHO. (2019). *World Health Organization*. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>

Zarza, L. (2018). *¿Qué son las aguas residuales?* Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

5. ANEXOS

ANEXO I. Ejemplos de cálculo para la Ecuación de carga y la frecuencia para la purga de lodos.

ANEXO II. Guía de diseño del biodigestor

ANEXO III. Guía de diseño de la letrina compostera

ANEXO IV. Modelo de encuesta aplicada a la población de San Rafael

ANEXO V. Encuesta aplicada a la comunidad de San Rafael

ANEXO VI. Evidencias del recorrido y realización de encuestas en la comunidad de San Rafael.

NOTA: Las guías de diseño pueden ser descargadas el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1NuWYqN0RBityIqLHO2MGfaJo7ZVNA01H?usp=sharing>

ANEXO I

Ejemplos de cálculo

1. Carga diaria de mezcla para un biodigestor de 220 L

Estimar la carga diaria con la que una familia (4 personas) debe alimentar un biodigestor de 220 L que se encuentra ubicado en San Rafael con un clima frío a $T = 10^{\circ}\text{C}$ y con TRH = 60 días (tabla 5).

1.1. Volumen total de trabajo

Este volumen requiere conocer la capacidad total del tanque y se le multiplica por 0.75 (75%), puesto que es la cantidad de llenado máximo sugerida a la que debe trabajar el biodigestor, para evitar derrames de los residuos fecales.

Utilizando la ecuación 1, se obtiene el volumen total de trabajo.

$$VT = CTT * 0.75 \quad (1)$$

Donde:

$VT = \text{volumen de trabajo del bidón (L)}$

$CTT = \text{capacidad total del bidón (L)}$

$$VT = 220 \text{ (L)} * 0.75$$

$$VT = 165 \text{ L}$$

Conociendo el volumen total de trabajo, se aplica la ecuación 2, para conocer la carga diaria de mezcla que necesita el biodigestor.

$$CD = \frac{VT}{TR} \quad (2)$$

Donde:

$CD = \text{Carga diaria } \left(\frac{\text{L}}{\text{día}}\right)$

$TR = \text{tiempo de retención hidráulico (días)}$

$$CD = \frac{165 (L)}{60 (días)}$$

$$CD = 2.75 \frac{L}{día \times familia}$$

En este caso, la familia deberá aportar con 2.75 L de mezcla diaria para que el biodigestor siga su ciclo de digestión sin problemas.

2. Cantidad de agua y de materia orgánica que debe haber en la mezcla

La mezcla necesita tener un porcentaje de materia orgánica y agua constante para que el proceso de degradación de excretas y generación de biogás sea eficiente. En la tabla 59, se observa la distribución que debe existir en la carga diaria.

Tabla 59. Porcentajes de mezcla para la carga diaria.

	Porcentaje de mezcla
Carga diaria	20% materia orgánica (heces)
	80% agua

Continuando con el ejemplo anterior, la cantidad de materia orgánica que necesita el biodigestor diariamente será:

$$Cantidad \ de \ heces \ diarias \ por \ familia = CD * 0.2$$

$$= \frac{2.75 L}{día \times familia} * 0.2$$

$$= 0.55 \frac{L}{día \times familia}$$

$$= 0.55 \frac{L}{día \times familia} * \frac{1000g}{1L}$$

$$= 550 \frac{g}{día \times familia}$$

Así mismo, la cantidad de agua que necesita la mezcla será:

$$Cantidad \ de \ agua \ diaria \ por \ familia = CD * 0.8$$

$$= \frac{2.75 L}{día \times familia} * 0.8$$

$$= 2.2 \frac{L}{\text{día} \times \text{familia}}$$

Una persona sana evacua un promedio de 150 g de excretas por día, por lo cual la familia de 4 personas no tendría mayor problema para alimentar al biodigestor con la materia orgánica requerida.

3. Materia orgánica que una persona debe aportar diariamente:

$$\text{heces por persona} = \frac{\text{Cantidad de heces por familia}}{\# \text{personas} \times \text{familia}}$$

$$= \frac{550 \frac{g}{\text{día} \times \text{familia}}}{4 \frac{\text{personas}}{\text{familia}}}$$

$$= \frac{550 \frac{g}{\text{día} \times \text{familia}}}{4 \frac{\text{personas}}{\text{familia}}}$$

$$= 137 \frac{g}{\text{día} \times \text{persona}}$$

4. Agua que una persona debe aportar diariamente

$$\text{agua por persona} = \frac{\text{Cantidad de agua diaria por familia}}{\# \text{personas} \times \text{familia}}$$

$$\text{agua por persona} = \frac{2.2 \frac{L}{\text{día}}}{4 \text{ personas} \times \text{familia}}$$

$$\text{agua por persona} = 0.54 \frac{L}{\text{día} \times \text{persona}}$$

5. Agua descargada al biodigestor diariamente por persona

En promedio una persona sana defeca de una vez al día, por lo cual se asume que se realiza 1 descarga de agua al día por persona.

$$\text{Descarga por persona} = \frac{\text{agua por persona} \times \text{día}}{\text{descarga diaria}}$$

$$= \frac{0.54 \frac{L}{\text{día} \times \text{persona}}}{1 \frac{\text{descarga}}{\text{día} \times \text{persona}}}$$

$$= 0.54 \frac{L}{\text{descarga}}$$

2. Frecuencia de la purga de lodos para el biodigestor

La purga de lodos depende del volumen de trabajo del bidón y de la carga diaria de mezcla proporcionada al biodigestor.

$$\text{Frecuencia de purga de lodos} = \frac{VT}{CD}$$

Ecuación 3. Frecuencia de purga de lodos

Para el biodigestor ubicado en la comunidad de San Rafael y utilizando la carga diaria del anterior literal se obtiene una frecuencia de purga de lodos de:

$$\text{Frecuencia de purga de lodos} = \frac{165 L}{2.75 L/\text{día}}$$

$$\text{Frecuencia de purga de lodos} = 60 \text{ días}$$

Es decir, para un biodigestor que tenga una carga diaria de 2.75 L/día, la purga de lodos se realizará cada 60 días.

ANEXO II

Guía de diseño del biodigestor



BIODIGESTOR

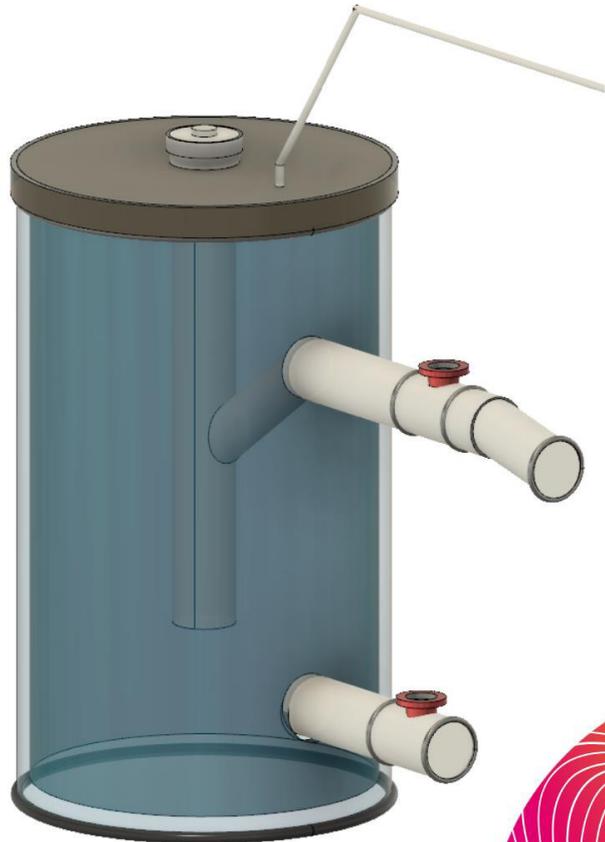
Esta tecnología está desarrollada con el fin de contribuir con el tratamiento de excretas y generar energía secundaria.

El biodigestor será conectado a un sanitario normal mediante una tubería larga. Debe estar ubicado aguas abajo del mismo, para evitar taponamientos o regreso de las excretas al sanitario.

En condiciones de buen mantenimiento, el biodigestor tiene una vida útil de 5 - 10 años.

CARACTERÍSTICAS

- Es un sistema natural que aprovecha la *digestión anaerobia** de las bacterias que habitan en las excretas para transformar este en biogás y fertilizante.
- La energía secundaria producida puede ser empleado como combustible en las cocinas, calefacción o iluminación.
- El fertilizante (*biol*)** sirve para mejorar los suelos y el rendimiento de las cosechas.



BENEFICIOS



- Los productos finales provenientes del biodigestor son aprovechables.
- Cuida el medio ambiente, ya que por su sistema aislante de excretas evita la contaminación de cuerpos de agua, suelo, alimentos, etc.

*** Digestión anaerobia:** Proceso en el cual el material biodegradable es descompuesto por microorganismos en ausencia de oxígeno. Generando diversos gases como dióxido de carbono (CO₂) o metano (CH₄).

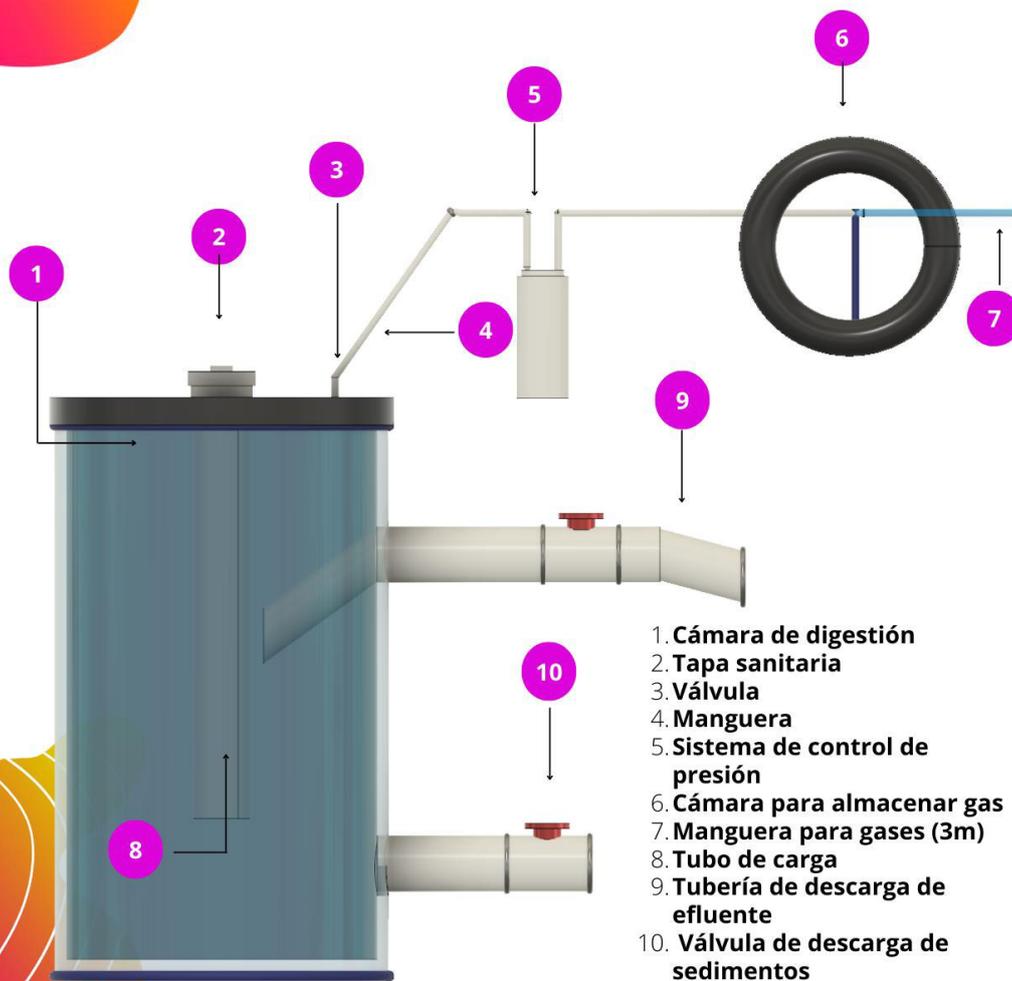
**** Para más información sobre el biol, dirigirse a las págs 10 y 11 del documento presente.**



INSTALACIÓN

- No se necesita de una gran cantidad de personas para la instalación, 2 personas podrían hacerlo.
- Es resistente, de bajo costo y de fácil mantenimiento.
- Es una tecnología sustentable en la que pueden aplicarse las 3R (reducir, reusar y reciclar) en su construcción, ya que puede ser implementado con la ayuda de materiales locales.

PARTES DEL BIODIGESTOR



1. Cámara de digestión
2. Tapa sanitaria
3. Válvula
4. Manguera
5. Sistema de control de presión
6. Cámara para almacenar gas
7. Manguera para gases (3m)
8. Tubo de carga
9. Tubería de descarga de efluente
10. Válvula de descarga de sedimentos

***NOTA:** Para una mejor visualización del resultado visite: <https://youtu.be/pKZgnXQcP98>



1. Tapa

- Sirve como aislante del exterior con la cámara de digestión, debe estar fabricado de plástico polietileno, y debe poseer un zuncho de metal que permita sellar la cámara de forma hermética. para proceder con el proceso de la digestión anaerobia.

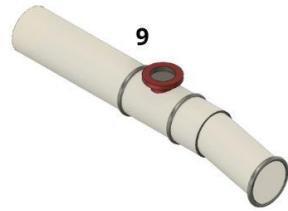
2. Cámara de digestión

- La cámara de digestión (1) está compuesto por un bidón de 120 - 220 L de capacidad, estos son tanques fabricados de polietileno de alta densidad PEAD, debe ser adaptado con tres salidas (1 de $\text{Ø}=2\text{in}$, 1 de $\text{Ø}=1.5\text{in}$ y $\text{Ø}=0.5\text{in}$), además de una entrada que servirá para el ingreso de excretas ($\text{Ø}=4\text{ in}$).
- La cámara debe adaptarse a las medidas proporcionadas en la guía.

3. Tuberías y válvulas

- Son componentes esenciales para el biodigester.
- Se necesitan de 4 tuberías que permitirán la entrada de excretas y salida de sedimentos y productos finales.
- La tapa sanitaria (2) debe encontrarse en el centro de la tapa, y debe estar adaptada con un segmento de tubo corto que permita la entrada correcta de excretas.
- En la parte central (8) de la cámara se colocará y ajustará un tubo PVC largo, el cual debe encontrarse mínimo a 5cm antes del fondo del tanque.

4



9

5



3

4

6



7



4. Tuberías de salida

- La tubería que descarga el efluente (9), debe tener un $\varnothing=2\text{in}$, el cual debe tener una válvula al final, esta permitirá regular la salida del efluente, una vez se necesite realizar la descarga por que ha cumplido con el máximo de la capacidad.
- La tubería de descarga de sedimentos (10) de $\varnothing = 1.5\text{in}$ tendrá un largo menor ya que facilitará la salida de sedimentos.

5. Manguera de biogás.

- La válvula (3) debe tener un $\varnothing=0.5\text{in}$, la cual permitirá el paso del biogás a través de la manguera (4) y a lo largo del sistema que se encarga de recoger el gas formado por el proceso de la fermentación.

6. Sistema de control de presión

- Para controlar la presión se emplea una botella de 1.5 L (5).
- La botella debe estar llena de agua hasta $\frac{3}{4}$ de su volumen total.
- Debe introducirse 15 cm de la tubería de $\varnothing = 0.5\text{in}$ a la botella con agua .
- Esta práctica permitirá contar el número de líneas marcadas en el tubo que quedan sumergidas en el agua, una vez empiecen a salir burbujas del ramal. Esta será la presión del agua en cm.

* Para más información sobre el sistema de presión dirigirse a la pág. 12

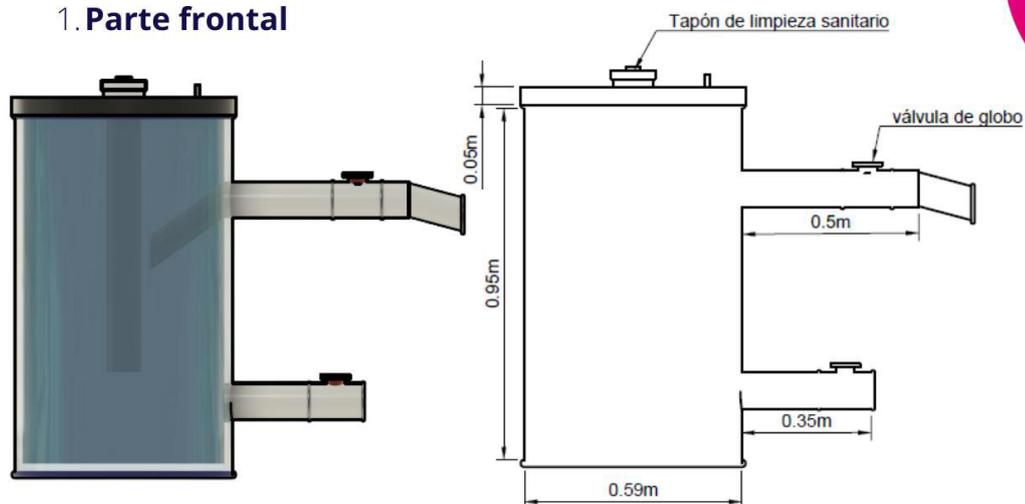
7. Cámara de almacenamiento de biogás

- Funciona como un contenedor de gas, el cual está conectado mediante una manguera al sistema de carga y al sistema de control de presión.
- Debe tener una válvula al final de la manguera de gas (7) que permite regular la salida del gas.

4

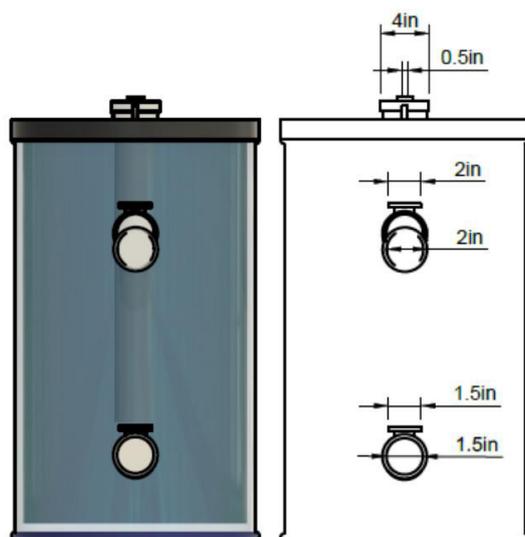
DIMENSIONES DEL BIODIGESTOR

1. Parte frontal



- La dimensión de la cámara de digestión dependerá del tamaño del bidón (120 - 220 L), en este caso se toma un bidón de 220 L estándar, el cual tiene una altura de 0.95m x \varnothing =0.59 m.
- El largo de los tubos de salida serán 0.50m y 0.35 m respectivamente.
- Todas las tuberías deben estar aseguradas con silicona o goma para PVC y el tubo central se recomienda un ajuste con cables de 4 cm de espesor en forma de cruz.

2. Parte lateral



- La entrada de excretas debe tener un \varnothing =4in, esto servirá para acoplar el tubo central por donde entran las excretas.
- La válvula de salida de biogás debe tener un \varnothing =0.5in.
- La tubería de \varnothing =2in, servirá para facilitar la salida del efluente, mientras que la tubería de \varnothing =1.5in estará destinado a la remoción de sólidos cuando se realice el mantenimiento.
- Las válvulas ubicada en las tuberías de salida deben tener forma de globo y \varnothing =2 y 1.5in respectivamente.

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

1. Para la cámara de digestión



Bidón 220 L



Tapón de limpieza sanitario Ø=4in



Segmento corto de tubo Ø=4in



Reducción PVC de Ø 4in a 3in



1 Tubo sanitario Ø=3in x 1m

2. Para la salida del efluente



1 Tubo PVC Ø=2in x 1m



1 Adaptador para tanque Ø=2in



Llave de paso tipo globo Ø=2in



1 T PVC Ø=2in



2 Codos PVC Ø=2in x 45°

3. Para la descarga de sedimentos



1 Tubo PVC Ø=1.5in x 0.35m



1 adaptador para tanque Ø=1.5in



Llave de paso tipo globo Ø=1.5in



1 T PVC Ø=1.5in



1 Tapón hembra rosca PVC Ø=2in
1 Tapón hembra rosca PVC Ø=1.5in

4. Para el biogás



Manguera Ø=0.5in x 3 m



Manguera para gas x 30 m



Conector de tanque Ø=0.5in



Adaptador para manguera macho tipo rosca Ø=0.5in

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN



Accesorio adaptador para válvula de llanta



2 Válvulas de esfera con rosca $\varnothing=0.5\text{in}$



1 Bote de plástico de rosca 1.5 L



1 Tubo de llanta



2 Unión de manguera en T $\varnothing=0.5\text{in}$



Conexión arponada de manguera $\varnothing=0.5\text{in}$



1 Tapón hembra rosca PVC $\varnothing=0.5\text{in}$



4 Abrazaderas $\varnothing = 0.5\text{in}$

5. Complementos



Bote de pegamento para PVC



1 Silicona selladora transparente



1 Balde de polietileno



Equipo de protección personal



Palo de escoba



Kit para ingreso y salida de gases*

* Para conocer más sobre el kit, dirijase a la pag. 12

Consideraciones

- Las cantidades necesarias dependerán del tamaño del biodigestor, pero las dictadas en la guía son para un biodigestor con capacidad de 120 - 220 L.
- El material de la infraestructura debe ser de plástico azul con cierre hermético.
- Los materiales establecidos en esta guía son los mínimos y necesarios para la implementación del biodigestor y el aprovechamiento del biogás y biol.

¿CÓMO SE CONSTRUYE?

1. Para los cimientos

1. Con estacas y piolas señalar el espacio de construcción de 1.5 x 1m que se necesita para la infraestructura.
2. Nivelar el terreno, cavar una profundidad de 10 cm, apisonar bien el piso y colocar grava y arena para uniformizar el piso.

2. Para el cuerpo

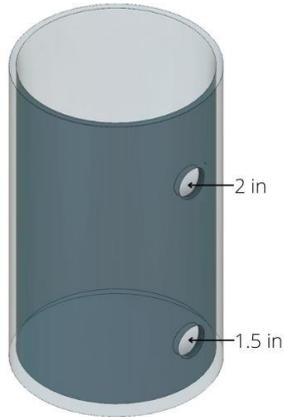


Figura 1

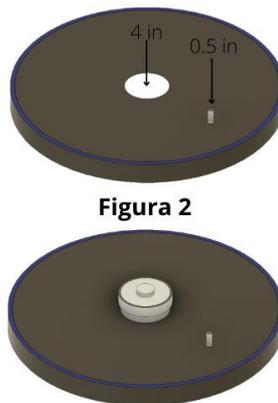


Figura 2

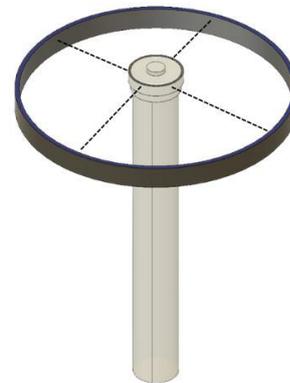


Figura 3

1. En el bidón de dimensiones estándar, realizar dos huecos de $\text{Ø}=2$ in y 1.5 in, como se observa en la (Fig. 1).
2. En la parte central de la tapa, realizar un agujero de $\text{Ø}=4$ in y en un extremo un agujero de $\text{Ø}=0.5$ in (Fig. 2).
3. En el centro, colocar un tubo de segmento corto de $\text{Ø}=4$ in y unirla a una reducción de $\text{Ø}=4$ in a 3 in. Colocar el tubo central de $\text{Ø}=3$ in (Fig. 3) en la reducción y ajustarla con silicona PVC y 2 cables cruzados a la tapa del bidón.
4. En el orificio de $\text{Ø}=0.5$ in colocar un conector de tanque para manguera.
5. Finalmente colocar la tapa de limpieza sanitaria en el tubo de segmento corto y ajustarlo a presión (Fig. 4).

3. Para la salida de efluente

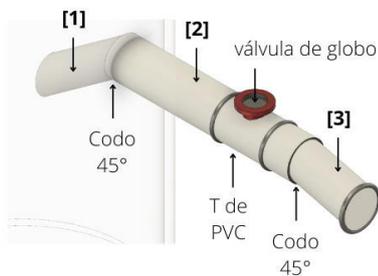


Figura 5

1. Se utilizará 1 m de tubería $\text{Ø}=2$ in dividido en 3 secciones, la sección [1] y [2]; y la [2] y [3] estarán unidas por un codo de 45°.
2. Para unir la tubería PVC al bidón debe colocarse un adaptador PVC $\text{Ø}=2$ in.
3. Además, se usará una tubería T de PVC, en el cual se conectará la válvula de globo (Fig. 5).
4. Tapar la tubería con un tapón de rosca, hasta el momento del mantenimiento.

¿CÓMO SE CONSTRUYE?

4. Para la salida de sedimentos



Figura 6

1. Para los sedimentos se usará un segmento de tubería de 0.35m. El cual estará unido al bidón mediante un adaptador de $\text{Ø}=1.5\text{in}$.
2. Se colocará un T de PVC de $\text{Ø}=1.5\text{in}$ con una válvula de globo que permitirá regular la salida de los lodos (**Fig. 6**).
3. Tapar la tubería con un tapón de rosca de $\text{Ø}=1.5\text{in}$, hasta el momento del mantenimiento.

5. Para el biogás

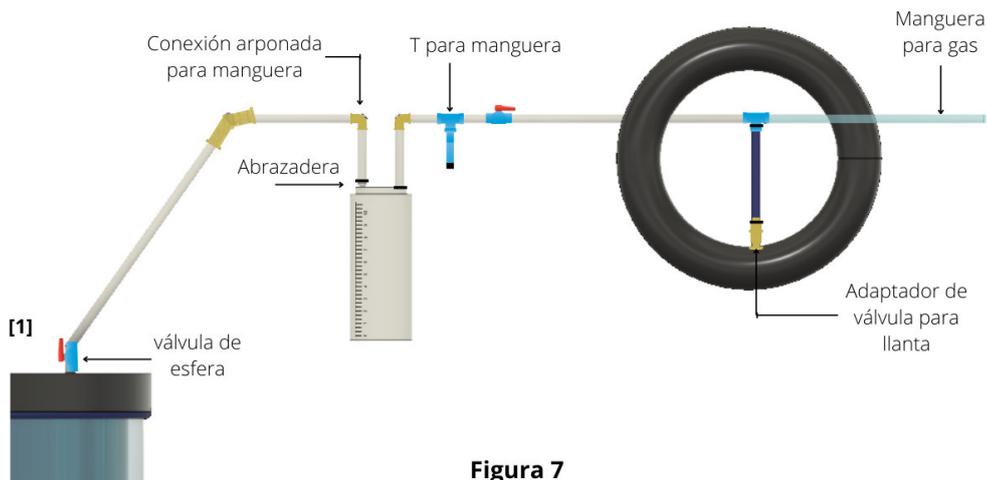
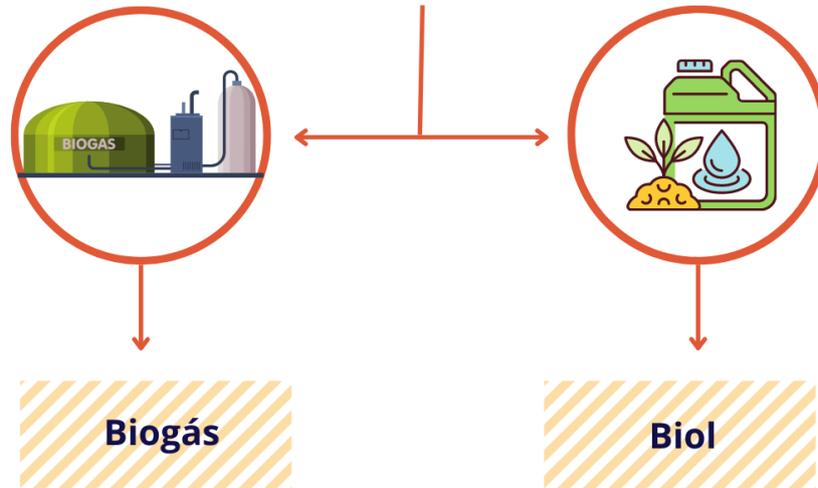


Figura 7

1. Para el biogás se debe colocar una válvula de esfera a la salida del orificio ubicado en la sección [1] de la (**Fig. 7**).
2. El sistema debe armarse con la manguera $\text{Ø}=0.5\text{ in}$, los cuales se deben conectar mediante conexiones arponadas hacia una botella plástica de 1.5L.
3. Luego del sistema de control de presión se debe colocar una T para manguera, el cual estará sellado con un tapón para evitar la fuga de biogás. Esta parte del sistema servirá para regular la presión.
4. Se debe terminar el sistema de biogás, añadiendo un aro de llanta, el cual recolectará el biogás generado en la cámara de digestión. Para esto se debe colocar un adaptador de válvula para llanta y debe ser ajustado con una abrazadera.
5. Finalmente el sistema será conectado a una manguera de gas (azul) que será dirigido hacia la cocina, la calefacción o para la iluminación según el usuario requiera.

APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS FINALES

Generación de biogás y biol



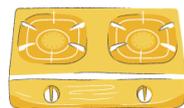
Es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno.

Es abono orgánico líquido proveniente de la fermentación de las excretas y el agua, que una vez sale del biodigestor no huele, ni atrae insectos y es rico en humus y con harto contenido de materia orgánica.

Tiempo de espera

Se genera de manera diaria, pues la fermentación sigue un proceso continuo que puede ser aprovechada en diferentes áreas.

Puede ser usado 3 meses después de cada descarga del efluente. Puede ser utilizado como acondicionador de suelo o abono genérico.



APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS FINALES



¿CÓMO PUEDO UTILIZAR EL BIOGÁS?

- El biogás es un combustible de valor. Se puede utilizar este gas para producir energía eléctrica mediante una turbina o plantas generadoras a gas.
- El biogás puede generar calor en hornos, estufas, secadoras, calderas u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptadas para tal efecto.
- Para utilizarlo en la cocina, la cámara de almacenamiento de gas debe estar equipada con un kit para gas, el cual guiará la manguera del gas hacia la estufa y será unida mediante una válvula y un quemador para dicho fin.

NOTA:

-  • NO dejar la cámara de almacenamiento de gas al alcance de niños o animales.
-  • **IMPORTANTE:** El biogás es inflamable, por lo tanto, se recomienda revisar fugas o anomalías constantemente

¿CÓMO PUEDO UTILIZAR EL BIOL?



- Los lodos extraídos del biodigestor deberán ser desinfectados con cal al 10% (1 kg de cal por cada 10 kg de lodo), esto permitirá contrarrestar el apareamiento de moscas y vectores.
- Dejar secar el lodo por un tiempo de 3 meses, remover cada mes y agregar cal a la superficie.
- Finalizado el tiempo de secado, el lodo puede ser utilizado en zanjas o para el mejoramiento de suelo.
- Se recomienda su uso en la raíz de árboles y arbustos, alejado a 1m del tallo principal preferiblemente.

NOTA:

-  • NO utilizar el lodo en hortalizas.
-  • **IMPORTANTE:** Usar equipo de protección personal cuando se vaya a manipular los lodos.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO:

TAMAÑO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN

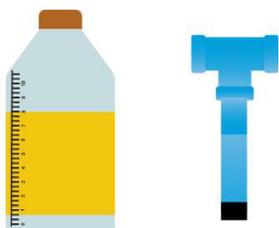


- El tamaño del biodigestor, dependerá de la cantidad de excretas generadas y el grado de uso de la tecnología.
- Para reconocer el grado de uso debe calcularse la **carga de mezcla** que se debe adicionar diariamente.

* Para conocer más sobre la ecuación de carga de mezcla, diríjase a la pág. 12

SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN

Para controlar la presión se colocará:



- Una botella plástica de 1.5 L marcada cm por cm, el cual estará lleno $\frac{3}{4}$ partes de su total con agua.
- Seguido debe colocarse un sistema de desfogue de gas (Tubo T para manguera), el cual regulará la presión, evitando que el aro de llanta explote.
- La presión máxima que tendrá el sistema, se rige en base a la recomendación dada por el fabricante del tubo de llanta

KIT PARA INGRESO Y SALIDA DE GAS



- El kit debe estar compuesto de mangueras ideales para gas propano, las cuales son de color azul (No transparentes).
- Debe tener válvulas de seguridad que sirvan para regular la salida de gas.
- El depósito de biogás que en este caso estará conformado por el tubo de llanta.
- Un quemador conectado al final de la manguera que será conectado a la cocina o instalación que necesite del gas.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO:

ECUACIÓN DE CARGA DE MEZCLA

1. Tiempo de retención

Es la cantidad de tiempo que un líquido permanece en un recipiente. El tiempo de retención asegura que se haya alcanzado el equilibrio entre el líquido y el gas a presión del separador.

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
30	20
20	30
10	60

Tabla 1. Tiempo de retención

2. Carga diaria

Es la carga que se deberá proporcionar diariamente al biodigestor para que funcione de manera correcta.

La carga se constituirá por la mezcla de un 20 a 25 % de material orgánico y de un 80 a 75% de agua.

$$VT = CTT \times 0.75$$

$$CD = VT/TR$$

VT = Volumen de trabajo (L)

CTT = Capacidad total del tanque (L)

CD = Carga diaria de mezcla que se debe añadir

TR = Tiempo de retención (tabla)

Ejemplo:

Para un lugar donde el clima sea de 20°C, el tiempo de retención será 30 días. Con un biodigestor de 220 L, el volumen de trabajo será de 165 L (220 L x 0.75 = 165 L).

La carga diaria de mezcla será de 5.5 L (165 L / 30 = 5.5 L)

EL MANTENIMIENTO

LIMPIEZA DEL BIODIGESTOR



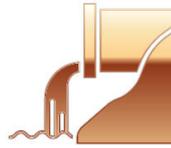
Biodigestor casero



Material de limpieza

- El biodigestor debe limpiarse anualmente, esta actividad debe ser realizada con equipo de protección personal como un overol, gafas, guantes, mascarilla e implementos de limpieza.
- Debe evaluarse el estado de las tuberías, del bidón, mangueras y válvulas constantemente, en caso de presentar algún fallo deben ser reemplazadas, esta actividad le tomará de 60 a 90 min.

PURGAR EXCESO DE LODOS



Purga de lodos

- El proceso deberá realizarse una vez que el bidón se encuentre lleno al 75% de su capacidad.
- Para empezar con la remoción se debe abrir la tubería que permite la salida del efluente, cuando este proceso termine, se procederá a abrir la válvula de salida de sedimentos. El proceso de descarga llevará entre 3 a 10 minutos.
- Esta actividad debe realizarse calculando la carga diaria, en el ejemplo observado en la *pág 11*. Para una temperatura de 20°C y un tiempo de retención de 30 días, con uso individual los lodos serán removidos mensualmente. Si el número de usuarios aumenta debe removerse los lodos bajo una ecuación:

Periodo de tiempo de remoción = 30 / # usuarios

- En caso de que los lodos queden atascados, se debe abrir la tapa de limpieza sanitaria e introducir un palo de escoba para facilitar la salida de los sedimentos.
- Al inicio de la purga la coloración de los lodos será negra y espesa. El proceso acabará cuando el lodo vuelva a salir de color café.

QUE HACER LUEGO DE CUMPLIR EL TIEMPO DE VIDA



- Cuando el biodigestor cumpla su tiempo de vida, la infraestructura debe ser desmantelada.
- Para reciclar el bidón de PEAD , inicialmente debe realizarse un lavado profundo con el fin de eliminar impurezas y luego ser tratado de manera idónea por gestores autorizados.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. "Realidad, Impacto y Oportunidades de los Biocombustibles en Guatemala (Sector Productivo)" BIOGAS. (n.d.). <http://www.oas.org/dsd/Energy/Documents/SimposioG/3%20Panel%20I%20Biogas.pdf>
2. Cómo hacer un biodigestor casero. (2022, February 12). EcoInventos. <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>
3. Rotoplas. (2013). Soluciones para mejora de saneamiento. Biodigestor Autolimpiable. Manual de instalación y mantenimiento. . Obtenido de <https://rotoplas.com.mx/rtp-resources/productos/biodigestor/biodigestor-manual.pdf>
4. Arrieta, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético de estiércol de ganado (Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánico - Eléctrica). Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería Mecánico - Eléctrica.
5. retention_time. (2020). Slb.com. https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/r/retention_time.

ANEXO III

Guía de diseño de la letrina compostera



LETRINA COMPOSTERA

Esta tecnología está desarrollada con el fin de contribuir con el tratamiento de excretas unifamiliar.

En condiciones de buen mantenimiento, la infraestructura de la letrina compostera tiene una vida útil de 15 - 20 años.

CARACTERÍSTICAS

- Es una tecnología de saneamiento ecológica, ya que no utiliza agua para desechar las heces y las orinas. Su funcionamiento se basa principalmente en la separación de orina y heces.
- Permite aprovechar los productos finales del compost, siendo útiles para la agricultura o el mejoramiento del suelo.

BENEFICIOS

- Cuida el medio ambiente, ya que aísla las excretas del medio ambiente evitando la contaminación del agua, suelo y alimentos.
- Se puede aprovechar el fertilizante líquido y compost.
- Es resistente a climas cálidos y fríos.

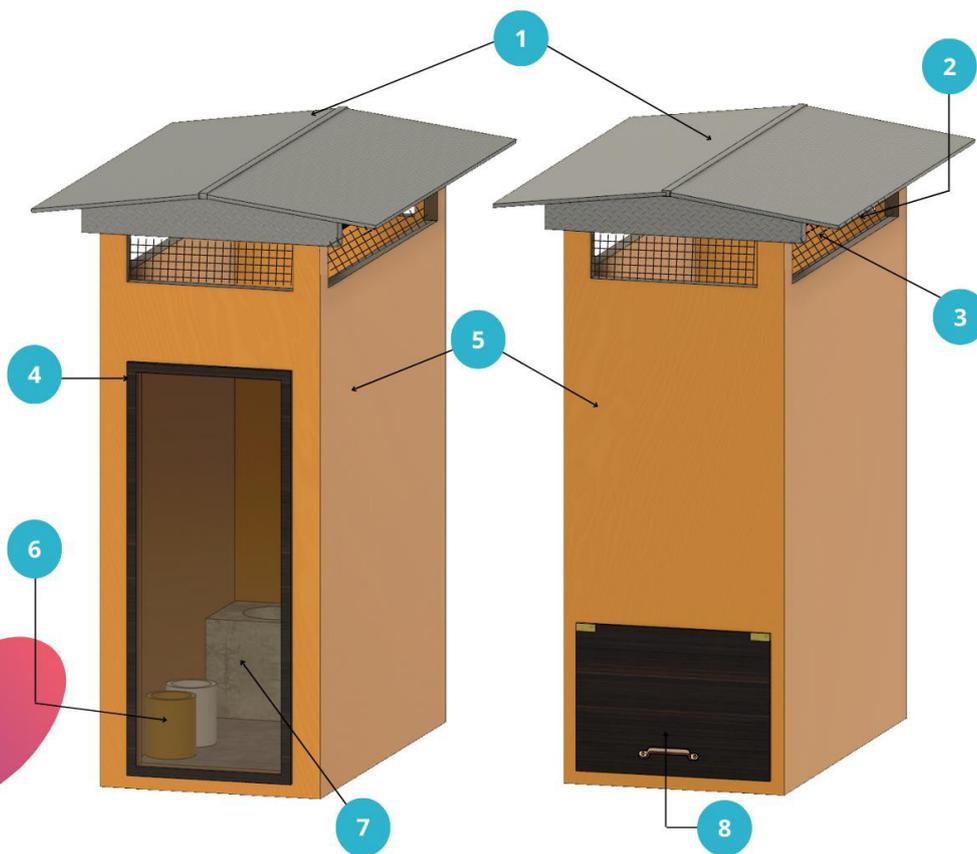


1

INSTALACIÓN

- Su construcción no requiere de mano de obra calificada, las propias familias con asistencia técnica son capaces de hacerla.
- La construcción es económica ya que puede realizarse con los materiales propios de la zona, por lo cual, los materiales son asequibles.

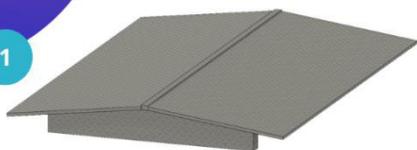
PARTES DE LA LETRINA COMPOSTERA



1. Techo
2. Espacio de ventilación
3. Malla mosquitera
4. Puerta

5. Baldes de basura y material seco
6. Artefactos sanitarios
7. Paredes
8. Compuerta

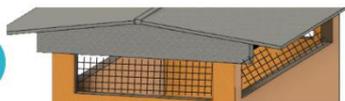
1



1. Techo

- Es la parte que aísla la caseta tanto del frío como del calor. Evita el paso de lluvia, hojas, animales que pueden ocasionar daño en la infraestructura.

2



2. Espacio de ventilación y malla mosquitera

- Es el espacio indispensable, que necesita la caseta para eliminar olores, debe estar cubierta con una malla mosquitera para prevenir la entrada de moscas e insectos, también se puede optar por un tubo de ventilación.

3



3. Puerta

- Es el componente necesario para evitar el paso de roedores o vectores hacia la letrina, puede ser construida de madera o cualquier material disponible en la comunidad.

4



4. Baldes de basura y material seco

- Son baldes que pueden ser comprados o reciclados, usualmente suelen ser de plástico y sirven para albergar el material secante y el papel higiénico usado.

***Material secante:** combinación de cal, ceniza o aserrín que sirve para absorber exceso de sustancias líquidas existentes en las heces.

5



5. Artefactos sanitarios

- Es una infraestructura realizada de hormigón que sirve como sanitario, el cual está compuesto de dos espacios vacíos en los cuales se puede depositar excretas y orinas de manera diferenciada dentro de baldes.

6



6. Paredes y Compuerta

- Las paredes permiten aislar a la caseta del exterior, construidas de ladrillo o cualquier material que el usuario disponga.
- La compuerta sirve para extraer las excretas y orinas de la letrina compostera evitando el paso de animales o personas.

DIMENSIONES DE LA LETRINA COMPOSTERA

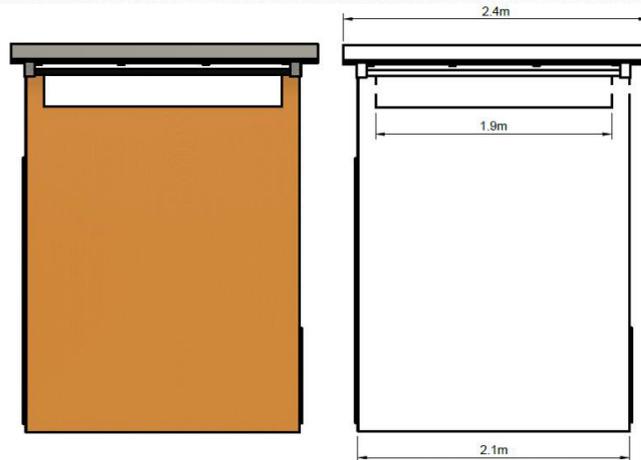
1. Parte frontal



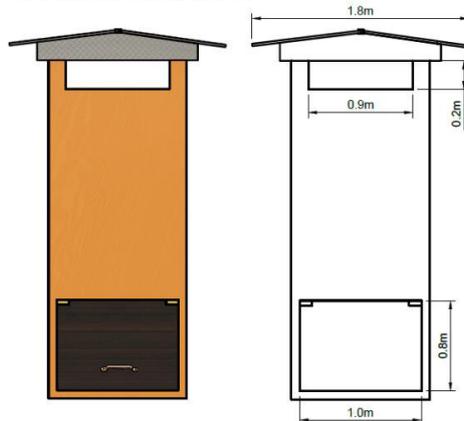
- Las dimensiones de la caseta son: de 1.1m de ancho x 2.8m de alto.
- Las dimensiones de la puerta son: de 0.9m de ancho x 2.1m de alto, las cuales son las dimensiones de una puerta estándar.
- El techo debe tener una altura de 0.2m. Debe estar de forma triangular para facilitar la caída del agua lluvia.

2. Parte lateral

- El largo de la caseta debe ser de 2.2 m.
- El largo del espacio de ventilación es de 1.9 m.
- El largo del techo es de 2.5m.



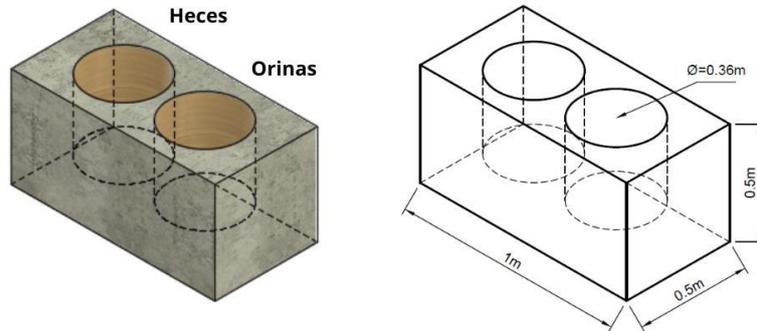
3. Parte trasera



- Las dimensiones de la compuerta son: 1m de ancho x 0.8m de alto.
- El ancho del espacio de ventilación es: 0.9 m de ancho x 0.2m de alto, dejando espacio para el paso del aire.
- El techo debe tener un ancho de 1.8 m.

DIMENSIONES DE LA LETRINA COMPOSTERA

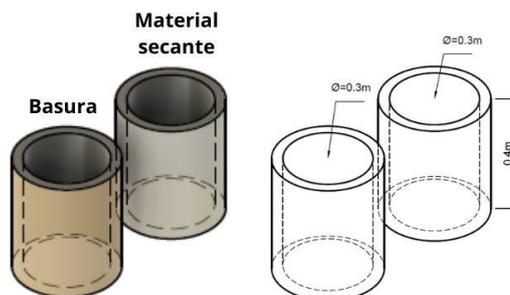
1. Sanitario de madera



- El sanitario de hormigón es de 0.5m de ancho x 1m de largo x 0.5m de alto.
- Los hoyos del sanitario tendrán un diámetro de 0.36m, tal que permita al usuario utilizarlo de manera cómoda con ayuda de un asiento para inodoro, sin embargo, también se puede optar por esta opción si el usuario así lo desea.
- El sanitario debe ser diferenciado, es decir, una cámara servirá para depositar heces y en la otra exclusivamente las orinas.

2. Baldes de basura y material secante

- Los baldes de basura y para el material secante deberán tener un diámetro de 0.3m x 0.4m de alto.
- Se sugiere que el balde del material secante posea una tapa.



*Para más información sobre el material secante dirigirse a la pág. 10

TOMAR EN CUENTA:

- Se sugiere construir la letrina compostera en base a las dimensiones establecidas en la guía. En caso de que el usuario desee ampliar el espacio de las dimensiones de la letrina, debe tomarse en cuenta que el espacio de construcción y la cantidad de materiales incrementará.
- Se sugiere mantener el diseño en tanto a la ventilación y a la compuerta.

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

La infraestructura (cuerpo) puede ser construida de cualquier material disponible en el hogar.

Para el cuerpo



2 quintales de cemento y 1 funda de cementina



250 ladrillos



1 piola nylon

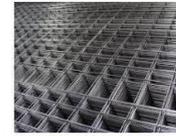


6 varillas 9 mm x 25 cm de largo

Para la losa



2 quintal de cemento



Malla Armex 6.25 x 2.4m



1 quintal de Arena fina para hormigón



1 quintal de ripio para hormigón

Para el puerta y compuerta



Puerta de madera de 0.8 x 2m



Tablero triplex 0.8 x 1 x 0.05



Manija para compuerta

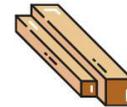


4 bisagras

Para el techo



4 Láminas de zinc 2x1; con e=0.3 mm



4 listones de madera de 0.22 x 0.3 x 1 m



2 lb de clavos 2 ½ "
1.5 lb de clavos 4"



malla mosquitera

Complementos



2 cajones de madera de 0.5 m² con hueco en el centro y en el posterior



1 Tubería PVC para ventilación de Ø=10 cm



2 Baldes de polietileno de Ø=0.3m x 0.4 m de alto



2 tanques de plástico de 500 L con tapa para almacenar compost

Nomenclatura: L = largo; a = ancho; e = espesor ; Ø = diámetro

¿CÓMO SE CONSTRUYE?

1. Para los cimientos

1. Con estacas señalar el espacio de construcción de 2m x 1m que se necesita para la infraestructura y un espacio de 1m x 0.5m para el inodoro abonero.
2. Ubicar los lados largos siguiendo la dirección del viento predominante, con el fin de favorecer la ventilación.
3. Nivelar el terreno, cavar una profundidad de 10 cm, apisonar bien el piso y colocar la malla armex, ripio, arena y cemento para uniformizar el piso.

2. Para el cuerpo

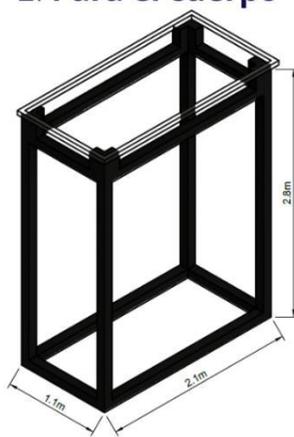


Figura 1



Figura 2



Figura 3

1. Montar la base de dimensiones: $a = 1\text{m} \times L = 2\text{m} \times h = 2.5\text{m}$ (Fig. 1)
2. En la parte inferior, colocar los chicotes de varilla en los extremos y poner la varillas metálica en la base de la infraestructura (malla Armex) (Fig. 2).
3. Una vez formada la base, se le va a dar altura a la infraestructura utilizando el nylon para trazar el espacio donde se van a colocar los ladrillos, dejar espacios huecos para la puerta y la compuerta (Fig. 3)



Figura 4

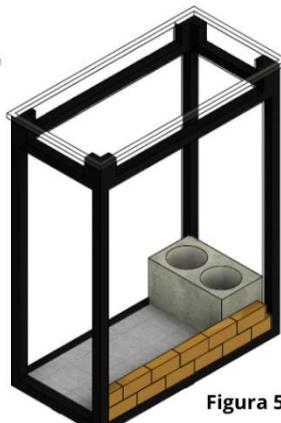


Figura 5

4. Construir el asiento del sanitario con cemento, dejando dos espacios huecos que permitan la entrada de las excretas. La parte trasera debe estar hueca, de tal manera que por ese lado se coloque la compuerta para permitir la entrada del balde recolector de excretas (Fig. 4).

5. Colocar los ladrillos en la infraestructura Fig. 5, y finalmente darle los acabados finales con la cementina.

¿CÓMO SE CONSTRUYE?

3. Para la compuerta

1. La compuerta puede ser construida con madera triplex o cualquier material protector que se tenga.
2. Para un mejor manejo, se le debe agregar un marco a la compuerta.
3. Las bisagras serán colocados en la parte superior de la compuerta para que se facilite al momento de abrir.
4. Puede colocarse una manija en la parte superior para facilitar la apertura (**Fig. 6**).



Figura 6

4. Para el techo

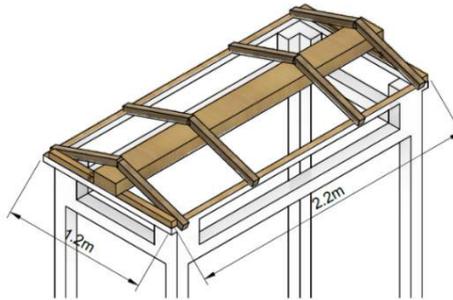


Figura 7

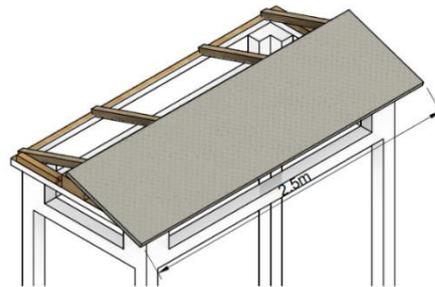


Figura 8

1. Para el techo es necesario colocar las alfájas como se observa en la **Fig. 7**, esto permitirá reforzar la estructura del techo, para esta actividad se debe emplear una viga de madera central que servirá como eje para colocar las alfájas inclinadas.
2. Una vez con la estructura del techo lista, se deben colocar las planchas de zinc y ser aseguradas con clavos para zinc (**Fig. 8**).

5. Para el compostaje

1. Los tanques de compostaje deben ser colocados en el exterior de la caseta, es el lugar donde se desarrollará el proceso del compostaje (**Fig. 9**).

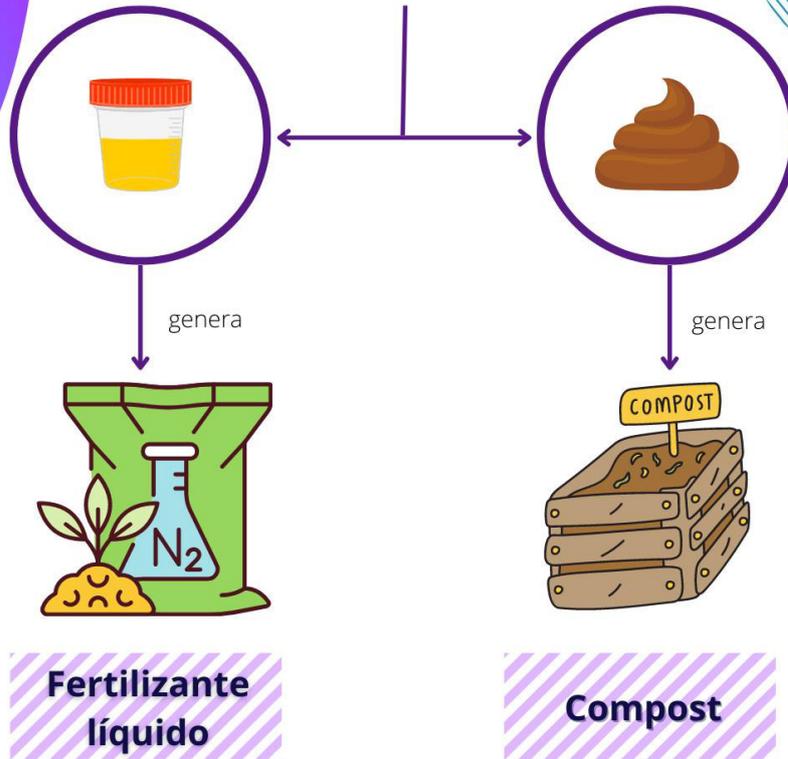
* Para más información sobre los tanques de compostaje dirigirse a la pág. 11



Figura 9

APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS FINALES

Separar orinas y heces



La orina debe diluirse en proporción 1:2 con agua y puede ser utilizada a 1m del pie de los árboles. No debe utilizarse de manera directa en hortalizas o cultivos.

Las heces al estar mezcladas con el material secante, empieza un ciclo de compostaje que se culmina cuando los tanques huelan a tierra de bosque y puede ser utilizado para el mejoramiento de suelo o en los cultivos aptos.



Tiempo de espera

Uso inmediato o cada que requiera el usuario.

Cada 6 meses, hasta completar el ciclo de compostaje

EL MANTENIMIENTO

PREPARACIÓN DEL MATERIAL SECANTE



$\frac{1}{3}$ Ceniza $\frac{1}{3}$ Ceniza $\frac{1}{3}$ Aserrín/Tierra seca

El material secante debe ser preparado con 2 porciones de ceniza y 1 de aserrín o tierra seca.

Este secante debe ser utilizado antes y después de utilizar la letrina compostera.

- **Antes:** Siempre debe colocarse una capa de material secante de 1cm de espesor en el balde de destinado a las heces.
- **Después:** Luego de cada uso, se debe echar el material secante sobre las heces en proporción 2:1.

TRASLADO DE EXCRETAS



Balde de excretas

- Revisar continuamente el balde de excretas y orinas.
- Cuando el balde de excretas se encuentre lleno en $\frac{3}{4}$ partes debe cubrirse la $\frac{1}{4}$ sobrante con material secante y trasladarse a los tanques de compostaje que están ubicados en el exterior.

LIMPIEZA



Desinfectante



Balde de residuos

- Realizar una limpieza semanal de los baldes que almacenan las excretas y orinas con equipo de protección y desinfectantes.
- Mantener el piso limpio, realizar un barrido semanal mínimo.

REVISIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA



Revisión de infraestructura

- Se deben visualizar anualmente la infraestructura, tal como la madera de la caseta, el techo de zinc, la malla mosquitera, etc.
- En caso de haber algún daño, repararlo inmediatamente.

¿QUÉ PUEDO ECHAR EN LA LETRINA?

- La letrina compostera está diseñada para tratar excretas de manera exclusiva.
- El papel utilizado para la higiene debe colocarse en un recipiente especial, para ser dispuesto en el contenedor municipal.



CONSIDERACIONES GENERALES PARA: EL DISEÑO:

TOPOGRAFÍA



- En terrenos inclinados, la letrina debe ser colocada a favor de la pendiente o con una rampa para acceder al mismo. En terrenos planos, el diseño sería igual al propuesto en la guía.

CÁMARAS DE SEPARACIÓN



- Pueden colocarse dos asientos con hoyo respectivo para heces y orina o una sola cámara con urinario separador de orinas y heces.

TANQUES DE COMPOST

- Los tanques que se encargan de almacenar el compost pueden ir de manera permanente dentro de las cámara de la letrina, sin embargo para este diseño se hará de manera separada con el fin de reducir las medidas de la infraestructura.
- El lugar donde se coloque los tanques de compostaje deberá ser un sitio tranquilo, donde no haya interferencia con el paso de los usuarios.
- Los tanques serán colocados en un espacio con temperatura ambiente a 2m - 3m de distancia de la letrina compostera.



QUE HACER LUEGO DE CUMPLIR EL TIEMPO DE VIDA



- Cuando la letrina compostera cumple su tiempo de vida, la caseta deberá ser desmantelada.
- La madera de puertas y compuertas que se encuentren en buen estado pueden ser vendidas a carpinterías, con el cual se puede fabricar aserrín o ser reutilizada en algún lugar del hogar.
- Las latas de zinc pueden ser recicladas y vendidas a chatarreros para darles una segunda vida.

PARA MÁS INFORMACIÓN:**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

1. Higiene, L., & Salud, Y. (n.d.). IMPORTANCIA DE LA LETRINA EN. Retrieved June 22, 2022, from https://www.jica.go.jp/english/our_work/thematic_issues/water/sanitation/c8h0vm0000fc5e7e-att/toilets_02.pdf
2. Banco de Desarrollo Interamericano. (2019). Manual de construcción y mantenimiento de letrinas.
3. Letrinas aboneras ecológicas Ecosan con separación de orina. (2021). Obtenido de Wikiwater: <https://wikiwater.fr/a10-letrinas-aboneras-ecologicas.html>

ANEXO IV

Modelo de encuesta aplicada a la población de San Rafael

ENCUESTA

Nombre y Apellido: _____

Edad: _____

Fecha realizada: _____

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: _____

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: _____

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana
- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 =si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: _____

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ANEXO V

Encuestas aplicadas a la comunidad de San Rafael

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

Nombre y Apellido: William Tapantá

Edad: 29 años

Fecha realizada: 16 de Julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?
- a. Arma de casa
 - b. Agricultor
 - c. Floricultor
 - d. Dependencia laboral
 - e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para vacuar sus excretas?

Respuesta: 10 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bienes
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum-bomba manual/ familia)
- b. \$170 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: María Chango Luza

Edad: 31

Fecha realizada: 14 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letra compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?
- a. Agua subterránea
 - b. Reservorio de agua
 - c. Agua embotellada
 - d. No utiliza agua
9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?
- a. Agua subterránea
 - b. Reservorio de agua
 - c. Agua embotellada
 - d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para vacuar sus excretas?

Respuesta: 7 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua
- c. Otro:

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana
- b. 1 - 2 semanas
- c. 3 - 4 semanas
- d. 5 - 6 semanas
- e. 7 - 8 semanas
- f. 9 - 10 semanas
- g. 11 - 12 semanas
- h. 13 - 14 semanas
- i. 15 - 16 semanas
- j. 17 - 18 semanas
- k. 19 - 20 semanas
- l. 21 - 22 semanas
- m. 23 - 24 semanas
- n. 25 - 26 semanas
- o. 27 - 28 semanas
- p. 29 - 30 semanas
- q. 31 - 32 semanas
- r. 33 - 34 semanas
- s. 35 - 36 semanas
- t. 37 - 38 semanas
- u. 39 - 40 semanas
- v. 41 - 42 semanas
- w. 43 - 44 semanas
- x. 45 - 46 semanas
- y. 47 - 48 semanas
- z. 49 - 50 semanas

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Fertilizantes / Boles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto a aprovechar

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 428 \$ - 850 \$
- d. Otro: 420 \$

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: 450

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuam- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Carmen Cacerango

Edad: 36 años

Fecha realizada: 16 de mayo 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letra composter? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letra de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0.1

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua
- c. Otro:

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Boles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 428 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuam- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

4. ¿Qué ponderación le daría a la letra de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Katherine Luciani

Edad: 26 años

Fecha realizada: 16 de Julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia la boral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 1

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 m² - 5 m²
- d. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biopés
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$50 - \$50
- b. \$50 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$10 (servicio vacuum-bomba manual/familia)
- b. \$70 (tanqueiro toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Zoltá Lemaitre

Edad: 60 años

Fecha realizada: 16 de Julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letra composter? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letra de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

* Todas las tecnologías se parecen, costosas y desfavorables. Entre tanto, viveo con aire felizmente mixto.

b. 2-3 semanas
c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biogas
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum-bomba manual/ familia)
- b. \$70 (banquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Ignacio Guantica

Edad: 62 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Friccionador
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letra compuesta? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua**
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua**
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 6 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico**
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro**
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año**
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana**

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²**
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- b. 1 = Posiblemente**
- c. 3 = Tal vez
- d. 5 = Sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Boles
- b. Compost**
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$**
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 650 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$**
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \$ 250

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)**

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Carmen Caticabao
 Edad: 57 años
 Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?
 a. Ama de casa
 b. Agricultor
 c. Floricultor
 d. Dependencia laboral
 e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Aparición de moscas

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Mejor tratamiento de excretas

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utiliza agua

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es similar al pozo ciego y está familiarizada

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no hay mayor contacto con las deposiciones

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se podría aplicar con mejor captación de agua.

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 6 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

*En el Anexo 0
0999378325*

ENCUESTA

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 428 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Rosa Lema

Edad: 52

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque podría generar malos olores

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque el clima no favorece las condiciones

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque pueden ingresar animales y olores

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque ha funcionado en mi hogar

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque la infraestructura es muy grande

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

Porque necesita mucha agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

ENCUESTA

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biotes
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

963503598

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuüm- bomba manual/familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Angelina Chicaza Quispe

Edad: 71

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cual es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque dispone dos compartimentos

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque la temperatura no logra alcanzarise

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utiliza agua

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque cuenta con otras partes en relación al pozo ciego

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no habría contacto directo con las deposiciones

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es necesario una gran cantidad de agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua
- c. Otro

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 6 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biogas
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 650 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

839 Romelino Chiriqui
0939 21 12 16

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Clara Chiciza
 Edad: 49

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque podría aprovechar los residuos

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque había que probar si funciona

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utiliza agua, fácil usar

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es similar al pozo ciego

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no habría tantos olores desagradables

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: porque quizá podría aplicarse en esta comunidad

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- Agua subterránea
- Reservorio de agua
- Agua embotellada
- No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- Agua subterránea
- Reservorio de agua
- Agua embotellada
- No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 7 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- Papel higiénico
- Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- Fuera del inodoro
- Dentro del inodoro
- Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- Menor a 7 días/año
- 7 días/año
- Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- 0 - 1 semana

- 2 - 3 semanas
- 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- 0 m² - 2 m²
- 3 m² - 5 m²
- 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- 0 = no
- 1 = posiblemente
- 3 = tal vez
- 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- Fertilizantes / Bienes
- Compost
- No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- Menor a 425 \$
- 425 \$
- 426 \$ - 850 \$
- Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- 20\$ - 30\$
- 30\$ - 40\$
- 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- \$350 - \$550
- \$550 - \$750
- \$750 - \$1050
- > \$1050
- Otro valor: Claro bilingüe 0985877886

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- \$110 (servicio vacuum- bomba manual/familia)
- \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Manuel Chusipanta

Edad: 50

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se debe separar la orina de los heces

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no pedía funcionar

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se produce moscas

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque cuenta con un sistema pusecido

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no tengo contacto con los residuos no había olores

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: porque es difícil medir el nivel del agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Elvia Chinacali

Edad: 34

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agrícola
- c. Fincancero
- d. Dependencia laboral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina composter? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nulla aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el precio

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nulla aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el precio

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nulla aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El precio es un impedimento

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nulla aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el costo

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nulla aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Costo de construcción elevado

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

No le interesa

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: _____

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biodes
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 425 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: _____

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/familia)
- b. \$70 (tanquero toca la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Blanca Masipanta

Edad: 52

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Aina de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<u>5</u>	Muy buena aceptación

Razón:

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biotos
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 425 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \$150

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/familia)
- b. \$70 (quiero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Sonia Chiraliza

Edad: 28

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Fabricador
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
 b. Reservorio de agua
 c. Agua embotellada
 d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
 b. Reservorio de agua
 c. Agua embotellada
 d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 8 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
 b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
 b. Dentro del inodoro
 c. Otro: _____

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
 b. 7 días/año
 c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
 b. 3 m² - 5 m²
 c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos focales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
 b. 1 = posiblemente
 c. 3 = tal vez
 d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biólos
 b. Compost
 c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuáles su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
 b. 425 \$
 c. 426 \$ - 850 \$
 d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 25\$ - 30\$
 b. 35\$ - 40\$
 c. 45\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
 b. \$550 - \$750
 c. \$750 - \$1050
 d. > \$1050
 e. Otro valor: _____

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/familia)
 b. \$70 (tanquero local a comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Manuel Cuyo

Edad: 47

Fecha realizada: 16 Julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: _____

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<u>5</u>	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<u>3</u>	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 10L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: _____

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos focales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Biólés
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: _____

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum-bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Victor Chicalzo

Edad: 60

Fecha realizada: 16 Julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: Obras civiles

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Precio elevado

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Precio elevado

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto solo queda en polvías

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto no se lleva a cabo

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto no se hace.

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: solo es propuesta, no se hace realidad

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 3L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: _____

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuanto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$650
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: _____

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 600\$ - 30 familias)

ENCUESTA

Nombre y Apellido: Ofelia Catirango

Edad: 56

Fecha realizada: 16 julio 2022

3. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro:

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<u>5</u>	Muy buena aceptación

Razón: _____

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: _____

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 1L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m² - 2 m²
- b. 3 m² - 5 m²
- c. 5 m² - 8 m²

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: 100

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$10 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

ANEXO VI

Evidencias del recorrido y realización de encuestas en la comunidad de San Rafael.



Figura 21. Realización de encuesta a ama de casa



Figura 22. Encuesta a padre de familia



Figura 23. Recorrido de la comunidad San Rafael