

Estudios previos para determinar el área de infiltración que se requiere tener para el pozo séptico del predio San Francisco Empresa Agropecuaria Aliar, (Puerto Gaitán – 2022).

Edgar Stiven Pereira Lombo

(código) 430058527

Trabajo de grado como requisito para optar al título de administrador ambiental

Director

Abbad Jack Jimmink Murillo

Administrador del Medio Ambiente - Ingeniero Civil

Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental

Universidad Piloto de Colombia

Seccional del Alto Magdalena

Facultad Ciencias Sociales y Empresariales

Programa Administración Ambiental

Girardot – Cundinamarca

2022

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Girardot, agosto 29 de 2022.

Dedicatoria

En primera parte darle gracias a Dios que nos permitió llegar a estos instantes darle las gracias a todos los docentes que hicieron parte del proceso de formación profesional, en especial a mi tutor Abbad Jack Jimmink, que con su conocimiento y experiencia hizo de mi aprendizaje cada día mejor, dedicarle este triunfo a mi familia darle las gracias a mi querida madre por haber hecho un ser humano con ganas de salir adelante, a mi padre decirle que estoy logrando cada objetivo que he me puesto en la vida, por guiar mis pasos y cuidarme desde el cielo, a las personas que me apoyaron desde el día cero en este proceso de crecimiento de forma económica y de apoyo incondicional, gracias infinitas a todo lo que estuvieron presente desde la distancia.

Agradecimientos

A la empresa agropecuaria aliar – la fazenda, por permitirme realizar mis prácticas profesionales, en el área ambiental todo estuve en todo mi proceso, a la universidad piloto de Colombia seccional alto magdalena por haber orientado todo mi proceso de formación en conjunto con todos sus profesionales de formación, mis compañeros de clase que siempre nos apoyamos, con el propósito que hoy estoy reflejando en este trabajo de grado.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Justificación.....	14
2. Objetivos.....	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos.	18
3. Descripción del problema.....	19
3.1 Estado actual del Problema.....	19
3.2 Delimitación del Problema.	19
3.3 Formulación del Problema.....	20
4. Marco de Referencia.....	21
4.1 Antecedentes.....	21
4.2 Estado del arte.....	23
4.2.1 Humedales artificiales:.....	23
4.2.2 Lagunas de oxidación.....	24
4.2.3 Pozos Sépticos.....	25
4.3 Marco teórico.....	27
4.3.1 Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)	28
4.3.2 Saneamiento básico.....	30
4.3.3 Aguas residuales domésticas.....	31
4.4 Marco Conceptual.....	32
4.4.1 Aguas residuales domesticas.....	35
4.4.2 Campos de infiltración	36
4.4.3 Pozos sépticos:	36
4.4.4 Calicata.....	37
4.4.5 Velocidad de Infiltración.....	38
4.4.6 Método de Porchet	38
4.5 Marco institucional	39

4.6 Marco Teórico.....	41
4.7 Marco Legal.....	42
4.8 Marco Geográfico.....	45
4.8.1 Macro Localización.....	45
4.8.2 Micro Localización	45
5. Metodología	48
5.1 Diseño metodológico	48
5.1.1 Métodos.....	48
5.1.2 Enfoque de la investigación	49
5.1.3 Alcance de la investigación.....	50
5.1.4 Técnicas.....	50
5.1.4.1 Análisis documental	51
5.1.4.2 Observación	51
5.1.4.3 Recolección de información secundaria:.....	51
5.2 Tipo de investigación.....	51
5.2.1 Metodología por objetivo específico.....	52
6. Recursos.....	53
6.1 Recursos Humanos	53
6.2 Recursos Institucionales	53
6.3 Recursos Financiero.....	54
7. Desarrollo Propuesta	57
7.1 Descripción de las condiciones requeridas para el tratamiento en sitio, del tanque séptico prefabricado acordes con el ras 2017.....	57
7.1.1 Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	57
7.2 Acciones previas para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas.....	58
7.3 Sistemas de tratamiento en in-situ	58
8. Realización de la prueba de infiltración, con el fin de tener en cuenta la capacidad absorción del suelo	63
8.1 Definición de infiltración del agua	64
8.2 Método de Infiltración de Porchet	65
8.3 Desarrollo del método Porchet	67

9. Determinación de la velocidad de infiltración.....	72
9.1 Método de Porchet	72
9.2 Cálculos	73
9.2.1 Velocidad de infiltración.....	75
9.2.2 Caudal (Q) de agua por día que recibirá el suelo.	79
9.2.3 Cálculo del Área de infiltración que se requiere en zanjas o pozos.....	79
9.2.4 Superficie total requerida para el campo de infiltración:	80
 10. Ejecutar el análisis para determinar la capacidad del pozo séptico del predio san francisco requerido bajo el cumplimiento de la RAS 2017 capitule e.....	 76
10.1 Postratamientos	78
10.1.1 Campo de infiltración.....	78
10.1.2 localización	78
10.1.3 Dimensionamiento	78
 11. Manual De Operación, Control Y Mantenimiento De Un Tanque Séptico.....	 82
11.11 Composición de los Sistemas	82
11.2 Arranque	82
11.3 Tanque Séptico	82
11.3.1 Trampa De Grasas.....	84
11.3.2 Caja de Distribución.....	85
11.3.3 Fosas o zanjas de percolación	85
11.4 Limpieza tanque séptico	85
11.4.1 Inspección de los lodos	85
11.4.2 Trampa de Grasa	87
11.3.2.1. Mantenimiento de la Trampa de Grasas.....	87
11.3.2.2. Inspección de Natas	88
11.4.3 Mantenimiento Completo.....	88
11.5 Abandono de la Obra	89
11.5.1 Control de Calidad	89
11.6 Medidas de protección al usuario y del medio ambiente.....	89
11.6.1 Equipo Necesario para las Labores de Mantenimiento.....	90

12. Conclusiones	91
13. Recomendaciones	93
14. Referencias Bibliográficas.....	94



Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Artículos estados del arte	26
Tabla 2. Usos domésticos del agua	31
Tabla 3 Procedencia y contaminantes de las aguas residuales domésticas.....	32
Tabla 4. Instituciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales	39
Tabla 5. Normas Legales	42
Tabla 6. Profundidad Util	59
Tabla 7. Dimensiones para Campos de infiltración.....	62
Tabla 8. Tasa de infiltración (T) se toma de la primera lectura con la última diferencia	74
Tabla 9. Velocidad de Infiltración	74
Tabla 10. Dimensionamiento	78
Tabla 11. Precipitación año 2021.....	81

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de teorías.....	28
Figura 2. Mapa de Colombia, ubicación departamento del Meta.....	45
Figura 3. Mapa de Colombia, ubicación Predio El Brasil en Puerto Gaitán	45
Figura 3. Finca San Francisco Agropecuaria Aliar, (Puerto Gaitán vereda toro sentado)	46
Figura 4. Proceso de Infiltración del agua en el suelo.	64
Figura 5. Cilindro excavado para el método de Porchet.....	66
Figura 6. Método de Porchet.....	73
Figura 7. Precipitación año 2021	81
Figura 8. Herramientas par limpieza.....	90

Introducción

En los lugares en donde no se disponen de redes de alcantarillado municipal, como es el caso de la **FINCA SAN FRANCISCO, AGROPECUARIA AILAR**. Uno de los factores que influye; es la disposición de excretas y de aguas residuales. Para evitar riesgos en la salud, se debe realizar el mayor esfuerzo posible para la adecuada disposición de los desechos humanos de manera que no exista la posibilidad de contaminación del agua y de los alimentos. Una de las soluciones para el manejo del Saneamiento Básico Ambiental, respecto a las aguas residuales de origen domestico; es la construcción de tanques sépticos, el cual es una alternativa práctica y económica de la disposición de las aguas residuales.

El tanque séptico, es un depósito en donde el material sedimentable que contienen las aguas residuales se decanta produciendo un líquido libre de sedimentos que puede infiltrarse con facilidad en el subsuelo. De esta manera, la función del tanque séptico es la de proteger y conservar la capacidad de absorción el subsuelo por largo tiempo facilitando la adecuada disposición de las aguas residuales domésticas. El material sedimentable decantado se descompone bajo condiciones anaeróbicas por acción de los microorganismos presentes en las aguas residuales disminuyendo su volumen original y la fracción orgánica, dando como resultado el aumento en el contenido de sólidos totales. El proceso de descomposición de la materia sedimentable y la presencia de aceites y grasas da origen a la formación de natas que se ubican en la parte superior del tanque y a la producción de gases que deben ser eliminados a través de las instalaciones sanitarias de la vivienda. A fin de facilitar la decantación del material sedimentable y evitar el escape de las natas y de los sólidos removidos, tanto a la entrada como a la salida del tanque séptico se colocan placas o tubos deflectores. La falta de control en el

funcionamiento de los tanques sépticos puede conducir a que las bacterias formadoras de metano, que juegan un papel importante en el proceso de estabilización de la materia orgánica, no permanezcan el tiempo necesario en el tanque como para cumplir con su función mineralizadora de manera completa. (operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización (Rosales Escalante, 2003)

La acción fundamental del tanque séptico sobre la materia orgánica sedimentable es la hidrólisis, la que se realiza por medio de las bacterias formadores de ácidos que además facilitan la estabilización de la materia suspendida y soluble remanente en las zanjas o pozos de absorción. En donde se complementa el proceso de estabilización de esta materia orgánica remanente por acción de los microorganismos aeróbicos presente en los dispositivos de absorción. Este proceso de hidrólisis se desarrolla en la zona intermedia o de decantación del tanque séptico, por lo que siempre debe mantenerse su volumen útil tanto para favorecer el proceso de hidrólisis como el de sedimentación de modo que no escape material sedimentable que pueda afectar al sistema de infiltración a través del rápido taponamiento de los poros del suelo.(operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización .(operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización (Rosales Escalante, 2003)

En resumen, el tanque séptico cumple tres funciones: a) eliminación y digestión de Sólidos; b) tratamiento biológico; y c) almacenamiento de natas y lodos.

De otra parte, los factores de mayor incidencia en el funcionamiento de los tanques sépticos son:

- Características del agua residual.



- Uniformidad de la temperatura de digestión.
- Tratamiento previo de remoción de grasa y de sólidos sedimentables.
- Diseño y construcción del tanque.

Los tanques sépticos, como la mayor parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales se construyen para acondicionar desechos domésticos, por lo que no es recomendable la descarga de grandes cantidades de productos químicos hacia los tanques sépticos. Porque inhibirá la digestión de los lodos sedimentados y consecuentemente puede producir la liberación de malos olores o la incrustación o corrosión de las paredes de la tubería que conduce las aguas residuales hacia el tanque séptico.

La presencia de grandes cantidades de grasas en las aguas residuales también afecta el funcionamiento de los tanques sépticos por lo que se hace necesaria la construcción de trampas de grasas en aquellas instalaciones cuyas aguas residuales son ricas en estos elementos. Los tanques sépticos que no estuvieran precedidas de trampas de grasa, probablemente formarán con mayor rapidez la capa sobrenadante de natas conocida también como espuma y que no son retirados conjuntamente con los lodos durante la limpieza periódica del tanque séptico. La aplicación de cloro solo se recomienda ejecutar cuando la descarga del efluente del tanque séptico o de las zanjas de filtración son descargados a un cuerpo o curso de agua. . (operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización (Rosales Escalante, 2003).

1. Justificación

Es importante entender que, al querer aplicar una técnica para el tratamiento de aguas residuales, lo que se propone es “quitarle” cosas al agua y no “reducir” el volumen de agua usada saliendo del proyecto que nos interesa. Ahora, en relación con lo que se pretende con este proyecto, es resaltar que al aplicar la técnica del Tanque Séptico se demandan 4 aspectos fundamentales.

1. Contar con capacidad en el terreno, para recibir “toda” el agua que la vivienda o edificación producirá. Así como, el nivel subterráneo de agua, propio del sitio, se encuentre por lo menos 2 metros más profundo que el fondo propuesto para el campo de infiltración a utilizar.

2. Dimensionar el tanque de acuerdo a la producción de agua contaminada, tomando en cuenta su función de sedimentador, de unidad para la biodigestión y para el almacenamiento de “lodos”. Los tanques deben ser impermeables, herméticos y tener colocadas también en forma correcta las figuras de entrada y salida. Si los tanques están contruidos de concreto, es importante proteger el cemento del deterioro que le pueden provocar las aguas en tratamiento.

3. Establecer la necesidad de dar mantenimiento al sistema. Así, contar con el procedimiento correcto para remover y luego dar tratamiento a los lodos que periódicamente se producen (de acuerdo a las dimensiones y cantidad de contribuyentes), y no simplemente sacarlos para botarlos. No realizar en forma correcta la operación y el mantenimiento.

4. Tomar en cuenta aspectos culturales. Por razones de la modernidad, ahora se acostumbra utilizar “mayores” volúmenes de agua, solo en el fin de semana (concentración en el lavado de ropa, lavado de los baños, uso de la tina en el baño, etc.). Y esa situación, de mucha agua en un tiempo muy corto, hace que el proceso de tratamiento se distorsione, porque se

provocan “lavados” o expulsión de los microorganismos del tanque. Si esto ocurre en el proyecto que se atiende, se deben tener sistemas adicionales y separados para el tratamiento de solo las aguas grises (Rosales Escalante, 2003).

Con los anteriores aspectos fundamentales se concentra en lo referido a definir esa capacidad del terreno para recibir “toda” el agua a producir, al hacer llegar a los lectores, un procedimiento simple, fácil de ejecutar, para la realización de la prueba de infiltración o de percolación, como también se le conoce.

La operación es la forma de realizar o llevar a cabo una labor con el fin que los equipos, procesos u operaciones se realicen de manera correcta para lograr el máximo rendimiento de los mismos. A su vez, el mantenimiento es la labor de reparar o restaurar un equipo, una estructura, un proceso o una operación de tal forma que el rendimiento proyectado o esperado del mismo sea efectivo, seguro y realizado con economía para el bien de la comunidad a la cual se atiende.

El mantenimiento puede analizarse dentro de tres (3) tipos básicos:

1. **Correctivo:** Son intervenciones no programadas dirigidas a devolver al equipo, estructura, proceso u operación averiada a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.
2. **Preventivo:** Son las intervenciones periódicas de cuidado e inspección programadas para prever la falla y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras.
3. **Predictivo:** Es la sustitución de piezas cuando es posible predecir su falla por antigüedad o condiciones de trabajo.



La **FINCA SAN FRANCISCO, AGROPECUARIA AILAR**, está generando una problemática de aguas residuales de origen doméstico. Por tal motivo se plantea presentar una solución a partir de la Administración Ambiental, donde se realiza un aporte teniendo en cuenta tres (3) importantes componentes como son: lo social, lo ambiental y lo económico. Iniciando desde el componente social, se buscó mejorar las condiciones de saneamiento básico con las que cuenta la finca, teniendo en cuenta que el saneamiento es un factor fundamental para proteger la salud pública, y por tanto es necesario el acceso a estos servicios en cada hogar o institución con el fin de evitar la exposición a los residuos generados y asimismo gestionar sin riesgos la cadena de saneamiento (recogida, transporte, tratamiento, eliminación y posible uso de los residuos) (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Teniendo en cuenta esto, el inadecuado tratamiento y la exposición a las aguas residuales generadas en la finca se genera el riesgo a la salud y calidad de vida de los habitantes al exponerse a sustancias o elementos tóxicos, por tal motivo es de importancia la implementación de un sistema de tratamiento adecuado que permita la recuperación de las aguas generadas en la finca y un correcto saneamiento básico. De igual forma, considerando que muchas fincas de la zona presentan una situación similar a la finca San Francisco, agropecuaria Aliar, es posible que el proyecto funcione como un modelo piloto de impacto que beneficie de la misma forma al resto de la comunidad afectada.

Desde el ámbito ambiental, el proyecto promueve la correcta gestión del recurso hídrico a través del tratamiento del agua residual doméstica generada en la finca. De esta forma, es posible promover la Gestión Integral del Recurso Hídrico donde se promueve el desarrollo y la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar social y

económico sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales (WWAP, DHI Water Policy & UNEP-DHI Centre for Water and Environment, 2009).

Finalmente, desde el punto de vista económico, para disminuir estas condiciones generadas por las aguas residuales domésticas de la finca se propuso el uso de sistemas de tratamiento descentralizados, los cuales se ajustan a las condiciones específicas del lugar disminuyendo costos de inversión y mantenimiento (Anda Sánchez, 2017).

2. Objetivos

2.1 Objetivo General.

Realizar los estudios previos para determinar el área de infiltración que se debe tener para la implementación de un tanque séptico prefabricado en el predio San Francisco empresa AGROPECUARIA ALIAR. Con el propósito de dar solución al manejo de las aguas residuales de origen doméstico, de la empresa anteriormente nombrada.

2.2 Objetivos Específicos.

- Describir las condiciones requeridas para el tratamiento in situ, del tanque séptico prefabricado acorde con la RAS 2017. Con el propósito de dar a conocer los cumplimientos y parámetros actualizados.
- Realizar prueba de infiltración a través del método de porchets. Con el fin de tener en cuenta la capacidad de absorción del suelo.
- Determinar la velocidad de infiltración por el método de porchets. Con el propósito de saber cuál es la capacidad de absorción que se tiene.
- Ejecutar el análisis para determinar la capacidad del pozo séptico prefabricado del predio San Francisco requerido bajo el cumplimiento de la RAS 2017. Con el fin de comprobar que el tanque cumpla con los requisitos de la normatividad ambiental vigente.
- Determinar el área de infiltración para el pozo séptico del predio San Francisco. Con el fin de obtener el área acorde a la normatividad.
- Señalar el equipo necesario para realizar las labores de mantenimiento. Con el fin de gestionar un formato de control para las diferentes actividades a realizar del sistema.

3. Descripción del problema.

En los procesos de tratamientos de aguas residuales domésticas, como medida para mejorar la calidad de vida de los seres humanos, y evitar daños ambientales en su entorno. El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2017, para dar solución al tiramiento de aguas residual doméstica en sitio, se reglamenta y establece los criterios, dando como solución a los sectores de producción de agricultura e industrialización ya que no cuentan con sistemas de alcantarillado, para llevar sus aguas residuales para un tratamiento oportuno.

3.1 Estado actual del Problema

La finca san francisco de la agropecuaria ALIAR, Cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual doméstica, el cual está presentando un taponamiento en la caja de salida del pozo séptico hacia el campo de infiltración. De acuerdo a lo anterior se procede a tomar varias medidas para determinar la afectación que se está generando.

3.2 Delimitación del Problema.

Los estudios se realizarán en el predio san francisco, ubicando en la vereda toro sentado del municipio de puerto Gaitán departamento del meta.



3.3 Formulación del Problema

¿Con la realización de los estudios previos se podrá determinar el área de infiltración que debe contar el tanque séptico del predio san francisco de la empresa AGROPECUARIA, para cumplir con lo establecido en la normatividad vigente en Colombia?

4. Marco de Referencia

4.1 Antecedentes

El desarrollo a nivel global de sistemas de tratamiento de aguas residuales se hizo más necesario en el siglo XX. Anteriormente, estos sistemas se consideraron por un largo tiempo como un potencial de riesgo para la salud, y visualmente incómodo en aglomeraciones urbanas. Desde la Antigua Grecia, se utilizaban letrinas públicas que drenaban el agua hacia alcantarillas que conducían las aguas residuales resultantes hacia un colector a las afueras de la ciudad. Posteriormente, esta agua era transportada a campos agrícolas para ser usada en riego y fertilización de cultivos (López-Vázquez, Méndez, Carrillo & García, 2017). Desde esta época se evidencia que la principal forma de disposición de las aguas residuales consistía en su colocación en las calles de la ciudad, o se esparcían como fertilizante para los cultivos. Más adelante, esto se empezó a considerar un problema, ya que la expansión de las ciudades hizo más complejo encontrar terrenos donde fuera posible depositar las aguas resultantes, y a partir de esto empieza a surgir gradualmente la idea de darles un mejor uso a estas aguas (Cooper, 2001).

En 1893 se instaló uno de los primeros filtros biológicos en Manchester, los cuales consistían en sistemas con biopelículas sobre rocas provenientes de ríos. Después, el proceso de lodos activados fue inventado en el Reino Unido en el año 1913 a raíz de la realización de experimentos para el tratamiento de agua en un reactor de llenado y vaciado (Arden & Lockett, 1914). Debido al rápido crecimiento de las ciudades fue visible que los ríos receptores no podrían soportar el aumento de contaminante. Como respuesta a esto, se incrementaron las

condiciones de tratamiento con el objetivo de mejorar las eficiencias de remoción (López-Vázquez, Méndez, Carrillo & García, 2017).

De acuerdo con lo anterior se empezaron a introducir nuevos conocimientos que pudieran mejorar los diferentes sistemas de tratamiento, como la bacteriología y la bioenergética. Se pusieron en práctica las plantas de tratamiento con procesos de tratamiento aerobios, donde involucraron sistemas como: biomasa suspendida de lodos activados, post-desnitrificación, fosas, eliminación biológica de fosfato. Posteriormente se iniciaron procesos aerobios, usando reactores de flujo ascendente (UASB), entre otros. A partir de este momento, un gran número de sistemas fueron desarrollados como: filtros biológicos aireados, reactores con lecho fluidizado, reactores con biomasa suspendida y biodiscos. La demanda de sistemas de tratamiento de aguas residuales incrementó continuamente debido a su alta necesidad, igualmente la falta del recurso hídrico generó y generará más adelante nuevas tecnologías que permitan el mejoramiento de los diferentes sistemas de tratamiento existentes (López-Vázquez, Méndez, Carrillo & García, 2017).

Por otra parte, en Colombia las aguas residuales se transportaban por canales de piedra, los cuales funcionaban con el único objetivo de depositar las aguas residuales a los ríos más cercanos. La única alternativa de limpieza de estos canales consistía en la lluvia, procedimiento que generaba una gran fuente de olores y graves enfermedades. El aumento de la población generó altos problemas de contaminación, ocasionando un gran interés y avances significativos en el manejo de aguas residuales. En el año 1930 se crean los primeros trayectos de alcantarillado y de esta forma se define la idea de construir la primera Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el país. Con base a esto, en 1933 se inician obras para la prestación del servicio nombrando a la PTAR Vitelma, y posteriormente se sumaron nuevos proyectos con

el objetivo de descontaminar quebradas y ríos, como la PTAR salitre, entre otras (Hermida y Caballero, 2014).

4.2 Estado del arte

Como primer paso, se realiza la identificación de los términos necesarios para la búsqueda de los artículos del proyecto, tales como: implementación de sistemas de tratamiento, sistemas de tratamiento a pequeña escala, aguas residuales domésticas, porcentajes de remoción, entre otros. Teniendo en cuenta esta identificación se obtienen distintos artículos, proyectos de grado y tesis que implementan sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas, y por tanto presentan información detallada sobre su selección, implementación, evaluación y resultados. Se especifica un rango de elección de artículos de 2005 a 2020 en español, y se recurre a dividir el estado del arte en los tres principales sistemas de tratamiento seleccionados, con información a nivel nacional e internacional. Finalmente se realiza un resumen de los artículos seleccionados, se revisan los objetivos, la metodología, resultados y conclusiones de cada uno. A continuación, se presentan los artículos considerados más relevantes y similares al presente proyecto de trabajo de grado:

4.2.1 Humedales artificiales:

En el año 2013 en un estudio realizado por Reyes, Judith, Alfredo y Joaquín titulado “Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas”, se evalúa un humedal artificial de flujo vertical utilizando *Iris pseudacorus* para el tratamiento de aguas residuales domésticas, para el cual la eliminación media de DQO fue 81%, un rango de eliminación de nitrógeno amoniacal de 75 a

96%, pero con una remoción de sólidos en suspensión (SS) baja. Se concluye que el humedal estudiado funciona eficazmente como tratamiento de DQO y como tratamiento para la nitrificación total.

De manera análoga, en la investigación “Propuesta de tratamiento de aguas residuales domésticas implementando un humedal artificial de flujo subsuperficial empleando bambusa sp en la finca el recreo ubicada en Tauramena, Casanare” realizada en el 2017 por Arias, Ortiz y Beltrán de la Universidad El Bosque, se propone el diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial con el objetivo de tratar las aguas residuales domésticas de una finca, utilizando la plantas Bambusa sp como primera prueba y Heliconia psittacorum como segunda. Se analizan 19 parámetros del agua residual doméstica y posteriormente se analizan los mismos después del tratamiento para cada planta. Se evidencia una disminución de los parámetros con el sistema de tratamiento utilizado, presentando una eficiencia de remoción de 73% para Bambusa sp y 79% para Heliconia psittacorum. El estudio demuestra que es posible presentar a los humedales artificiales como una opción factible como complemento para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una finca.

4.2.2 Lagunas de oxidación.

En el estudio “Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia” realizado en el año 2013 por Restrepo, Fuentes, Ruíz y Aguirre, se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de un sistema de lagunas de estabilización compuesto por una laguna anaerobia y dos lagunas facultativas para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Se determinan 13 variables del agua con el objetivo de demostrar cuál sistema de tratamiento tiene mejor rendimiento. De esta forma, al analizar la eficiencia de los sistemas se obtiene una remoción en carga de DBO5 soluble del 92%, presentando una variación

entre 50 y 70% para la laguna anaerobia y entre 59 y 62% para las lagunas facultativas. De acuerdo con lo anterior, la investigación demuestra que la eficiencia en remoción de las lagunas anaerobias es de gran consideración en el sistema de tratamiento presente en Santa Fé de Antioquia.

Por otra parte, en el proyecto de grado “Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas” (2014) realizado en Ecuador por Pozo, se diseñan tres sistemas de lagunas de oxidación, específicamente una laguna aerobia, anaerobia y facultativa, con el objetivo de realizar un análisis de la mejor alternativa e implementarla considerando aspectos técnicos, económicos y ecológicos. Los resultados de la laguna aerobia presentan una eficiencia de remoción de 94% para DBO y 99% para Coliformes fecales, la laguna anaerobia con un porcentaje de 21% para DBO y 94,70% para Coliformes, y finalmente para la laguna facultativa 79% y 92,50% respectivamente. Luego de la evaluación de los sistemas, se determina como mejor alternativa la implementación de la laguna aerobia debido a los altos porcentajes de remoción en comparación con los otros dos sistemas.

4.2.3 Pozos Sépticos

En un estudio realizado por el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento en la ciudad de Pereira denominado “Optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la facultad de bellas artes de la Universidad Tecnológica de Pereira” (2017) se realiza el diseño de unidades de tratamiento adicionales a las existentes en la facultad, en las cuales se incluye el dimensionamiento de un pozo séptico con el objetivo de asegurar la viabilidad en el tratamiento de los vertimientos generados en este lugar. Al evaluar su

funcionamiento, se identifica un porcentaje de remoción de 40% para DBO, 60% para sólidos suspendidos totales (SST) y 20% para coliformes fecales. Los resultados demuestran porcentajes de remoción bajos, lo cual significa que en comparación con otros sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas el pozo séptico se encuentra en desventaja.

En la Tabla No.1. se presentan los aportes al proyecto de grado de cada artículo presentado con anterioridad.

Tabla .1.
Artículos estados del arte

Año	Autor	Título	Aporte
2013	Restrepo, Fuentes, Ruíz y Aguirre	Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia.	La comparación entre los resultados obtenidos del monitoreo del sistema de lagunas de estabilización compuesto por una laguna anaerobia y dos facultativas para el tratamiento de aguas residuales domésticas permitió definir en el desarrollo de la metodología del objetivo N°3 qué opciones de tratamiento se podían usar.
2013	Reyes, Judith, Alfredo y Joaquín	Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente fisicoquímico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas.	Por medio de los resultados obtenidos a partir de la evaluación de un humedal artificial de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se pudo tomar como referencia los porcentajes de remoción de contaminantes necesarios para el cumplimiento del objetivo N°3.
2014	Pozo	Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas.	El análisis y selección de tres sistemas de tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ecológicos definidos en el artículo, permitió establecer los criterios que se tuvieron en cuenta para la construcción de la matriz de alternativas.

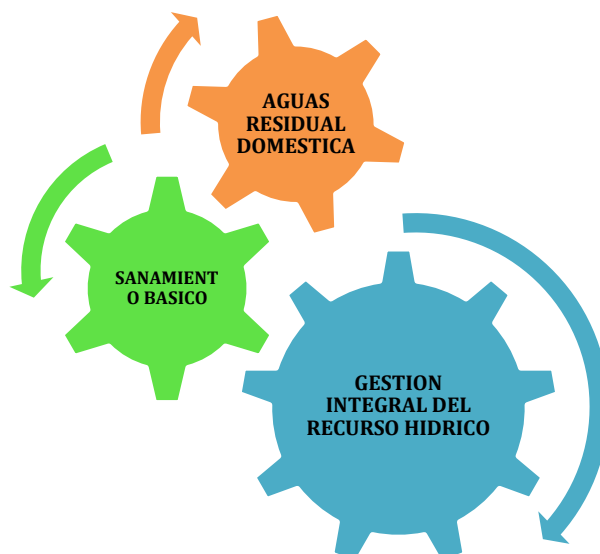
2017	Arias, Ortiz y Beltrán	Propuesta de tratamiento de aguas residuales domésticas implementando un humedal artificial de flujo subsuperficial empleando bambusa sp en la finca el recreo ubicada en Tauramena, Casanare.	Se tomaron como referencia algunas consideraciones acerca del diseño de un humedal artificial, demostrando que dichos humedales, son una opción factible para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una finca.
2017	Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento	Optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la facultad de bellas artes de la Universidad Tecnológica de Pereira.	El Diseño de un pozo séptico para la remoción de aguas residuales domésticas, demostró porcentajes de remoción bajos con respecto a otros sistemas de tratamiento. Lo anterior junto con los resultados obtenidos en el análisis de alternativas permitió definir que el pozo séptico como sistema de tratamiento resulta ser el menos óptimo para implementar.

Nota. Autoría propia

4.3 Marco teórico

A continuación, se presentan las teorías más representativas y relacionadas al tema central del proyecto de investigación. Existe una relación entre estas tres grandes teorías (Figura No.1), reuniendo como eje principal al agua, para la cual la Gestión Integral del Recurso Hídrico realiza su manejo coordinado con el propósito de garantizar el bienestar económico y social, y por consiguiente es necesario tener en cuenta las condiciones de saneamiento básico de viviendas, lo cual involucra necesariamente el correcto tratamiento de aguas residuales domésticas.

Figura 1.
Diagrama de teorías



Nota. Autoría propia

Para empezar, se define la teoría general y principal del proyecto de investigación, es decir, se realiza la definición desde lo general hasta lo específico, comenzando por la Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH), seguido del Saneamiento básico y finalizando con la descripción de la teoría de Aguas residuales domésticas.

4.3.1 Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)

La gestión Integral del Recurso Hídrico es un proceso que proporciona un marco holístico para abordar las diferentes demandas y presiones sobre los recursos hídricos en todos los sectores y a diferentes escalas. En esencia, la GIRH proporciona un marco para garantizar que los recursos hídricos se desarrollen, gestionen y utilicen de manera equitativa, sostenible y eficiente. Generalmente la GIRH consiste en (United Nations Environment Programme, 2018):

- Un entorno de políticas, leyes y planes

- Arreglos institucionales para la coordinación intersectorial y multinivel, y la participación de las partes interesadas.
- Instrumentos de gestión como la recopilación de datos y evaluaciones para la asignación de agua que faciliten mejores decisiones.
- Financiamiento para infraestructura de agua y costos continuos de gestión de recursos hídricos.

Esta gestión es un proceso extenso y continuo que puede y debe adaptarse a situaciones individuales. Además, los diversos elementos de la GIRH pueden ser aplicados de diversas maneras por una gran variedad de actores y a diferentes tiempos. La implementación de los elementos que componen el proceso debe considerar las realidades políticas, económicas y sociales de cada país (United Nations Environment Programme, 2018).

Ahora bien, en Colombia se implementó la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual tiene un horizonte de 12 años (2010 - 2022) y para su desenvolvimiento se establecen ocho principios y seis objetivos específicos. El objetivo de la política consiste en garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerando el agua principalmente como factor de bienestar social y desarrollo económico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Cabe resaltar que un importante instrumento de planeación relacionado con la gestión del recurso hídrico lo constituye el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) el cual establece los requisitos técnicos necesarios para proyectos relacionados con el agua y saneamiento básico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010). Esto cobra relevancia, debido a que a través del saneamiento básico se mejoran las condiciones de vida de las personas involucradas y además se aporta a una gestión hídrica adecuada.

4.3.2 Saneamiento básico

De acuerdo con lo anterior, es importante definir la teoría de Saneamiento básico, la cual según Naughton y Mihelcic (2017) esta teoría se convierte en uno de los aspectos más importantes del bienestar de la comunidad debido a que protege la salud humana, extiende la vida y es documentado para proporcionar beneficios a la economía. El saneamiento (por ejemplo, inodoros, letrinas, tratamiento mecanizado de aguas residuales) se implementa actualmente como una forma de contener y/o tratar la excreta humana para proteger la salud humana y el medio ambiente, incluidos los cuerpos de agua que son fuentes de agua potable.

Por otra parte, las instalaciones de saneamiento básico se definen como las que son utilizadas en un solo hogar y pueden vaciarse en el sitio o están conectadas a un sistema de alcantarillado que puede proseguir o no a un tratamiento. Sin embargo, muchas instalaciones de saneamiento se comparten tanto en entornos urbanos como rurales, o simplemente no hay una existencia de estas en muchos hogares (Naughton y Mihelcic, 2017). De hecho, para el año 2000 el 42% de la población mundial, es decir 2600 millones de personas carecían de saneamiento básico, lo cual promovió que para el año 2002 este problema se agregara como una meta del Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM), con el propósito de reducir para el año 2015 la mitad de la población que no contaba con dicho saneamiento (Exley, Liseka, Cumming y Ensink, 2015).

Un objetivo clave del saneamiento básico es reducir de forma segura la exposición humana a los patógenos. Los patógenos son excretados por individuos infectados y si no se contienen o tratan adecuadamente, pueden presentar un riesgo para los humanos que entran en contacto con ellos. Estas personas también pueden estar expuestas a agentes patógenos a través del agua potable o al comer alimentos contaminados con agentes patógenos que se encuentran en

las excretas humanas (World Health Organization, 2017). Es por lo anterior, que las aguas residuales domésticas que no han sido tratadas representan un factor importante para el saneamiento básico ya que contienen productos orgánicos, patógenos y nutrientes que representan riesgos a la salud pública, además de perjudicar las fuentes hídricas.

4.3.3 Aguas residuales domésticas

Teniendo en cuenta la importancia del tratamiento de las aguas residuales domésticas para un adecuado saneamiento básico es relevante mencionar que según Silva (2004) estas aguas son de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares. En la Tabla No.2 se evidencian algunas actividades domésticas junto con el consumo de agua en litros, evidenciando que el lavado de ropa y el lavado del carro son dos de las actividades en las que más se gasta agua. Estas aguas, contienen aproximadamente 1,8 litros de materia fecal, de los cuales 113,5 gramos son de sólidos secos, 90 gramos son de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes como fósforo y potasio (Mara & Cairncross, 1990).

Tabla No.2.
Usos domésticos del agua

Actividad	Consumo de agua en litros
Ducha	90
Lavado de dientes	3
Lavado de 10 kg de ropa	140
Lavado de platos sin cerrar la llave 15 minutos	90
Lavado del carro	150
Lavado de manos (1 minuto)	3
Afeitada	6

Nota. Barba, 2002

Tabla No.3

Procedencia y contaminantes de las aguas residuales domésticas

Procedencia	Contaminantes
Agua de cocina	Sólidos - Materia orgánica - Grasas - Sales
Agua de lavadora	Detergentes - Nutrientes
Aguas de baño	Jabones - Geles - Champús
Aguas negras	Sólidos - Materia orgánica - Nutrientes - Sales - Organismos patógenos

Nota. Alianza por el agua, 2008

Teniendo en cuenta que las aguas residuales domésticas han cambiado su composición con el pasar de los años por la entrada de nuevos productos como los que se presentan en la Tabla 3, ha provocado que se implementen nuevas tecnologías, nuevos procesos, y en general nuevas líneas de tratamiento (Ramalho, 2003).

4.4 Marco Conceptual

En el siguiente apartado se presentan los conceptos relacionados al tratamiento de aguas residuales, los cuales permitirán entender el proyecto de investigación. Se definen en su mayoría en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico del 2017 y en la Resolución 0844 de 2018.

Para empezar, dentro de las **viviendas dispersas**, entendidas como aquellas que se ubican en la zona rural, separadas de núcleos de población por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros carreteras o caminos, entre otros, podemos encontrar como principal tratamiento de las aguas residuales el denominado **tanque séptico**, un sistema individual que combina la sedimentación y la digestión, y en el cual, los sólidos sedimentados acumulados se remueven

periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento. Teniendo en cuenta que el funcionamiento de los tanques sépticos puede variar según diferentes condiciones, es necesario considerar otras ***soluciones individuales de saneamiento***, es decir, diferentes sistemas de recolección y tratamiento de las aguas residuales implementados en el sitio de origen. Dichos ***tratamientos en el sitio de origen*** son aquellos que se utilizan en lugares aislados, que no cuentan con redes de alcantarillado, y no es posible su construcción.

Dentro de los posibles sistemas de tratamiento aplicables a viviendas dispersas, se pueden encontrar las ***lagunas de estabilización***, las cuales son consideradas estructuras simples de fácil operación y mantenimiento, que se basan en el proceso de auto purificación (Gutiérrez & Marrero, 2006). Teniendo en cuenta la actividad biológica y el metabolismo que prevalece durante el funcionamiento de estas lagunas, se pueden clasificar de la siguiente manera: laguna aerobia, anaerobia, de maduración y facultativa.

Iniciando con la ***laguna aerobia***, también llamada laguna de alta producción de biomasa tiene como principal característica su poca profundidad y su capacidad de mantener el oxígeno disuelto en todo el tirante de agua, mientras que la ***laguna anaerobia*** tiene una alta carga orgánica y se efectúa el tratamiento en ausencia de oxígeno disuelto, con la producción de gas metano y otros gases como el sulfuro de hidrógeno. Por otro lado, la ***laguna de maduración*** es diseñada para tratar efluentes secundarios o agua residual que ha sido previamente tratada por un sistema de lagunas; y además, es originalmente concebida para reducir la población bacteriana, y por último, la ***laguna facultativa*** se caracteriza por su coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día; en el estrato superior de esta laguna existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno y en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables.

Actualmente uno de los sistemas de tratamiento más usados es el **humedal artificial**, el cual consiste en la utilización de procesos naturales que involucran vegetación de humedales, suelos, y sus conjuntos microbianos para mejorar la calidad del agua (Environmental Protection Agency, 2017). Por otra parte, cuando el tratamiento de las aguas residuales ha sido realizado por algunos de los sistemas mencionados anteriormente, incluyendo el pozo séptico, es necesario realizar pruebas que permitan determinar la **eficiencia de tratamiento o remoción**, es decir, determinar la relación que existe entre la masa o concentración removida o concentración en el afluente, expresado usualmente en porcentaje. Entendiendo por **afluente** el agua residual que ingresa a algún sistema de tratamiento para posteriormente convertirse en **efluente**, el cual corresponde al líquido que sale de un proceso de tratamiento, removiendo **organismos patógenos**, es decir, microorganismos que pueden causar enfermedades, para finalmente realizar una descarga final o **vertimiento** a un cuerpo de agua, alcantarillado o suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, algunos de los parámetros utilizados como base de comparación que se tendrán en cuenta antes y después del tratamiento son los siguientes: **pH**, entendido como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno, **demanda bioquímica de oxígeno**, la cual se refiere a la cantidad de oxígeno usado en la estabilización de materia orgánica por la actividad de microorganismos, **demanda química de oxígeno**, entendida como la medida de la cantidad de oxígeno necesario para oxidación de forma química de la materia orgánica del agua residual a tratar, **coliformes fecales**, los cuales son un grupo de especies bacterianas usadas como indicador de contaminación fecal del agua, **alcalinidad** entendida como la capacidad que posee el agua para neutralizar los ácidos, **conductividad**, definida como la expresión numérica del agua para transportar una corriente eléctrica, **turbiedad**, la cual es la propiedad del agua en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión, y por último, el **oxígeno disuelto**, que

según Lamberti y Hauer (2017) es un determinante clave del estado de oxidación-reducción del agua en la que se disuelven los compuestos.

4.4.1 Aguas residuales domesticas

las aguas residuales domésticas son flujos de agua conformados por la combinación de las escritas eliminadas por la población, que incluye heces y orina; además, contienen desechos de animales domésticos, residuos de lavandería, recibos de industrias caseras que algunas veces vierten sustancias recalcitrantes que puede ser tóxicas y cancerígenas, y residuos de actividades culinarias. La gente exactamente excreta de 100 a 500 g al día y de 1 a 3 L de orina al día, contribuyendo con una de DBO_{c5} de 20 a 45 g por día. Las aguas residuales domésticas están conformadas en un 99.99% por agua y el un 0,1% por residuos sólidos orgánicos más inorgánicos; esta pequeña fracción de sólidos es la que origina los problemas en tratamientos y su disposición (Cifuentes 2007).

Las proteínas son los compuestos que se encuentran en mayor cantidad seguido de los carbohidratos y las grasas. Además, está presente compuestos surfactantes, fenoles, aceites, Pesticidas y otros compuestos menos comunes, como metales pesados, compuestos organoclorados, etc. Los principales ensayos para determinar la carga Orgánica de un desagüe son: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO).

Los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales y que pueden afectar al medio ambiente cuando son vertidos a cuerpos de agua, suelos, etc., deben minimizar con tratamientos adecuados teniendo en cuenta los límites máximos que se deben verterse de acuerdo a la norma de cada país. Evitando De esta manera los efectos adversos para que esta necesaria la gestión adecuada en el manejo de las aguas residuales domésticas (Perdón, 2005) Re para evitar

los riesgos de contaminación y hacerlo más sostenible la protección de la salud de los usuarios del agua y de aguas residuales. (libro de biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales).

4.4.2 Campos de infiltración

La infiltración del agua tiene que ver con el Ciclo hidrológico que se refiere a la penetración del agua a través de las diversas capas permeables del suelo, cuya función principal es evitar la erosión de los suelos, nutrir las plantas y evitar posibles inundaciones.

La infiltración del agua depende de las características del suelo, es decir, de su capacidad para infiltrar, almacenar y de traspasar o conducir el agua, así como de los diferentes agentes externos causados por la actividad humana y que afecten el Ciclo hidrológico (Significados, s.f.).

El **campo de infiltración** consiste en una serie de zanjas, con tuberías enterradas que tienen perforaciones en la parte inferior y que reparten en el suelo, de forma homogénea el agua residual Page 8 Diseño Hidrosanitario Trapiche Panelero parcialmente tratada y clarificada, para permitir su tratamiento y disposición en el suelo.

4.4.3 Pozos sépticos:

Conocidos también como fosas sépticas, son una alternativa para realizar el tratamiento primario de aguas residuales negras y grises procedentes de sectores con poca densidad de población o pequeños centros poblados donde no se cuenta ni con sistemas de alcantarillado ni con plantas de tratamiento de aguas residuales. El principal objetivo de los pozos sépticos, es la reducción y depuración de organismos patógenos y bacterias generadas por las actividades domésticas que afectan de forma directa la salud de la población cercana y en forma indirecta el medio ambiente, ya que al realizar una mala disposición de los residuos sólidos se pueden

contaminar fuentes hídricas tanto superficiales como subterráneas. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)

El recurso que se produce en el tratamiento realizado en los **pozos sépticos**, generalmente puede ser reusado en actividades agrícolas tales como el riego de cultivos o puede ser vertida a algún cauce (Ríos, o arroyos) para que esta continúe el proceso de depuración. Cabe resaltar que el agua tratada en los **pozos sépticos** no puede ser reutilizada para actividades domésticas debido a que requiere tratamientos avanzados para ser empleada sin generar afectaciones en la salud de la comunidad.

4.4.4 Calicata

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. La profundidad está determinada por las exigencias de la investigación, pero es dada, generalmente, por el nivel freático.

La sección mínima recomendada es de 0.80 m por 1.00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse

todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes. Se dejarán plataformas o escalones de 0.30 a 0.40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remodelada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico del pozo.

En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida.(informe-“método de porchet para la velocidad de infiltración del suelo” Nataly v Guzmán estrada y Ilsyr Hernández Medrano faculta de ingeniería universidad de San Carlos de Guatemala 2016)

4.4.5 Velocidad de Infiltración.

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente la expresamos en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado. Los valores de infiltración obtenidas con el método del doble anillo en condiciones de no saturación no son muy fiables y tampoco son indicativas del comportamiento del suelo en condiciones de campo (Instructivo, s.f.).

4.4.6 Método de Porchet

El método Porchet también se llama método a nivel constante. La velocidad de infiltración está medida manteniendo un nivel de agua constante en un agujero. Las pruebas de infiltración se realizan in situ en un suelo no saturado, o en la zona no saturada del suelo.

4.5 Marco institucional

En el siguiente apartado se presentan las instituciones relacionadas al manejo de aguas residuales, las cuales deben cumplir con diferentes funciones de forma responsable en el sector. Estas funciones se dan en materia de planeación, vigilancia y control, calidad del agua, regulación económica, entre otras.

Tabla 4.

Instituciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales

ENTIDAD	FUNCIÓN	LOGOTIPO
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	El Ministerio expide las normas y regulaciones encaminadas a controlar la contaminación en relación con las fuentes hídricas. Además, planea y dirige el servicio público de alcantarillado brindando asistencia técnica e institucional (Ministerio de Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación, 2004).	 Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019.
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Viceministerio de agua y Saneamiento Básico)	El Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico se encarga de promover el desarrollo sostenible a través de la formulación y adopción de las políticas, programas, proyectos y regulación para el acceso de la población a agua potable y saneamiento	 Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2019.

	básico (Ministerio de Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación, 2004).	
Ministerio de Salud y Protección Social.	El Ministerio de Salud ejerce control en relación con la calidad que el agua debe mantener para diferentes usos y formula normas de carácter sanitario y epidemiológico (Ministerio de Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación, 2004).	 Fuente: Cámara de comercio de Bogotá, 2019.
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).	Esta entidad controla, realiza inspección y vigilancia a las entidades que ejercen la prestación de servicios públicos (Ministerio de Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación,	 Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018.
Corporación para el desarrollo sostenible del área manejo especial la Camarena.	Las corporaciones otorgan licencias ambientales sobre proyectos, así como permisos de vertimientos y concesiones. Ejercen seguimiento y control, y ejecutan políticas de descontaminación de acuerdo con el medio afectado (Ministerio de Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación, 2004).	 Fuente: https://www.gbif.org/publisher/4b3fc3ac-227f-477d-9853-cfa76044d108

Programa de administración ambiental.	El administrador ambiental de la universidad piloto de Colombia seccional del alto magdalena es un profesional con pensamiento complejo, que genera valor a las organizaciones u al territorio, al integrar los conocimientos de las ciencias ambientales.	
---	---	--

Nota: autoría propia

4.6 Marco Teórico

En los estudios de diseño y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, municipales e industriales, es necesario aplicar una metodología que permita identificar cada problema específico, caracterizarlo, definir los criterios de tratamiento y establecer las operaciones de tratamiento óptimo para lograr los requerimientos definidos y concretar el diseño correspondiente (Romero Rojas, s.f.)

El tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas que incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de influentes y métodos de disposición muy diferentes. El tratamiento de aguas residuales incluye tratamiento de aguas de una sola residencia, de aguas residuales de condominios y urbanizaciones, de aguas residuales de alcantarilla municipales combinados, así como de aguas grises, negras e industriales procesos de manufactura Con calidez muy específicas y variables según el proceso del cual proviene punto seguido. Este tratamiento de aguas residuales también puede ser muy importante en el medio rural, en aguas de uso agrícola y pecuario, para riego y rehúso (Romero Rojas, s.f.).

El determinante más importante en la selección del sistema tratamiento lo constituye la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente.

La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, 5 etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas del vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamientos propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño comparación de costos de las alternativas propuestas (Romero Rojas, s.f.).
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento de los sistemas construidos.

4.7 Marco Legal

Tabla 5.
Normas Legales

NORMAS GENERALES	
Constitución Política de Colombia	<i>Constitución Política de Colombia</i>
Decreto Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de Recursos Naturales	<i>Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente</i>
Ley 99 de 1999	<i>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales</i>

	<i>renovables, se reorganiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</i>
Ley 9 de 1979	<i>Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.</i>
POLÍTICAS NACIONALES DEL MEDIO AMBIENTE	
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	<i>Objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico del país en un horizonte de 12 años.</i>
Decreto Ley 373 de 1997	<i>Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.</i>
RECURSO AGUA	
Decreto 1594 de 1984	<i>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.</i>
AUTORIZACIONES Y LICENCIAS AMBIENTALES	
Decreto 3930 de 2010	<i>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 así como el capítulo II del Título VI - Parte III Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos de Agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones</i>
Decreto 4728 de 2010	<i>Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010</i>
Decreto 2820 de 2010	<i>Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias Ambientales.</i>
	<i>Por la cual se establece la escala tarifaria para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y</i>

Resolución 1280 de 2010	<i>demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2.115 smmv y se adopta la tabla única para la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el Artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa.</i>
Decreto 1594 de 1984	<i>Lineamientos para los permisos de vertimientos.</i>
RESOLUCIÓN 1514 DE 2012 (agosto 31) MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	<i>Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.</i>

Nota: Autoría propia

4.8 Marco Geográfico

4.8.1 Macro Localización

Figura 2.

Mapa de Colombia, ubicación departamento del Meta



Nota. <https://images.app.goo.gl/od4gfPTqFLKyyUAo6>

4.9 Marco Geográfico

4.9.1 Macro Localización

Figura 2.

Mapa de Colombia, ubicación departamento del Meta



Nota. <https://images.app.goo.gl/od4gfPTqFLKyyUAo6>

4.9.2 Micro Localización

Figura 3.

Mapa de Colombia, ubicación Predio El Brasil en Puerto Gaitán



Nota. google earth 1

Figura 3.

Finca San Francisco Agropecuaria Aliar, (Puerto Gaitán vereda toro sentado)



Nota. google earth 2. Finca San Francisco agropecuaria aliar, (Puerto Gaitán vereda toro sentado)

El Municipio de Puerto Gaitán se encuentra ubicado en el Departamento del Meta región de la Orinoquia del país Colombiano, con una posición astronómica de 3° -05 y 4° - 08 latitud Norte, 71° -05 y 72° - 30 longitud Oeste, el Municipio de Puerto Gaitán posee un área de 17.424 km2., distante 110 kilómetros al oriente del centro geográfico de Colombia, situado a una altura de 149 metros sobre el nivel del mar, limita con las siguientes regiones Norte: Departamento del Casanare Río Meta de por medio, Sur: Municipio de Mapiripan río Tibiare de por medio, Oriente: Departamento del Vichada, Occidente Municipio de Puerto López río Yucao de por medio y San Martín; se encuentra a una distancia de 194 kilómetros de Villavicencio la capital del departamento y a 281 kilómetros de Bogotá, la capital de la República. Su población la conforman 21.672 habitantes según datos del DANE del año 2.003, con un alto porcentaje de indígenas, de las etnias Sicuani, Achagua, Piapoco, Saliva, entre otras; agrupados en 64 comunidades y 10 Resguardos.

La minoría de la población aprox. unos 10.000 habitantes de este municipio se caracterizan por ser mestizos, entre la cual se identifica una población cosmopolita donde gentes de diversos lugares interactúan con el llanero nato. La población mestiza se encuentra agrupada en su mayoría en la zona rural identificándose 4 inspecciones ubicadas en la ribera del Río Meta (San Miguel, San Pedro de Arimena, Puente Arimena y Porvenir) y 5 Inspecciones en el Sur Oriente del Municipio (Puerto Trujillo, Tillava, Cristalina, Planas, Puerto Triunfo).

5. Metodología

En el siguiente apartado se realiza la descripción del diseño metodológico y el plan de trabajo. En primer lugar, dentro del diseño metodológico, se presentan los métodos utilizados, el enfoque de la investigación, el alcance, el tipo de investigación, la unidad de análisis, las variables, aspectos e indicadores. Por otro lado, el plan de trabajo incluye las técnicas e instrumentos utilizados, la metodología por objetivo específico y finalmente una recopilación denominada matriz metodológica.

5.1 Diseño metodológico

5.1.1 Métodos

Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto los métodos seleccionados para darle finalidad al proyecto corresponden a:

Inductivo: Se inició la investigación a partir de la observación detallada de documentos de investigación, los cuales establecieron las principales características de diferentes procesos de tratamiento para el agua residual doméstica, con el objetivo de seleccionar el tratamiento más adecuado, dependiendo de las propiedades del agua residual a tratar. Es decir, se inició desde lo general, el análisis de diferentes tratamientos, hasta lo particular, la selección del más apropiado.

Análisis: Con el fin de seleccionar el tratamiento más adecuado para las características del agua residual generada por la finca san francisco de agropecuaria aliar, primeramente, se realizó una preselección de tratamientos para el agua, presumiendo los procedimientos más

acordes, y posteriormente por medio de un análisis y con base a la caracterización física, química y biológica del agua se seleccionó el procedimiento más conveniente para el agua a tratar.

5.1.2 Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación utiliza el enfoque cuantitativo y cualitativo, que de manera conjunta conforman el enfoque mixto. Con respecto al enfoque cuantitativo, según Sampieri, Collado & Lucio (2006)” usa la recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p.15). Con base a lo anterior, el proyecto de investigación buscó por medio del análisis de datos numéricos obtenidos a través de la caracterización del agua residual doméstica generada por la finca san francisco agropecuaria aliar, la selección del proceso de tratamiento más acorde a los parámetros del agua hallados y estableció el diseño del modelo de tratamiento, lo anterior se realizó teniendo en cuenta principalmente cifras numéricas.

Por otra parte, el enfoque cualitativo “Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación” (Sampieri, Collado & Lucio, 2006, p.16). Por medio de este enfoque el trabajo de investigación reunió datos o información de tipo cualitativa, principalmente con relación a la situación actual de la finca, incluyendo información sobre la disposición actual de las aguas residuales domésticas con la que actualmente cuenta. Lo anterior permitió contextualizar y comprender las razones por las que se presenta la problemática en la finca, obteniendo una explicación específica.

5.1.3 Alcance de la investigación

En el siguiente apartado se definieron los alcances del proyecto de investigación, los cuales permitieron establecer hasta dónde es posible que llegue el estudio realizado, y con base a su selección se definieron estrategias de investigación aplicadas durante el proceso de desarrollo del proyecto.

Según Sampieri, Collado & Lucio (2006) los estudios descriptivos buscan detallar las diferentes propiedades, características y perfiles específicamente de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Ahora bien, el proyecto de investigación integró este alcance al describir las diversas características propias de cada proceso de tratamiento preseleccionado para el agua residual doméstica generada en la finca, el cual según las características del agua residual se sometió a un análisis y posteriormente se seleccionó el más adecuado.

Por otra parte, el proyecto de investigación integró el estudio correlacional, el cual pretende evaluar el grado de asociación entre dos o más variables. La utilidad de este tipo de estudio es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables enlazadas (Sampieri, Collado & Lucio, 2006). Teniendo en cuenta esto, la investigación relacionó las características físicas, químicas y biológicas del agua residual doméstica y las condiciones del terreno de la finca, con los posibles sistemas de tratamiento aplicables.

5.1.4 Técnicas

En este apartado se presentan las técnicas seleccionadas para la recolección de datos y de información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación.



5.1.4.1 Análisis documental. Se refiere a la técnica mediante la cual se describe la estructura externa e interna de un texto. Además, se busca expresar las relaciones existentes entre las ideas principales y las secundarias que sustentan el texto, posibilitando conocer las propuestas, conceptos, pensamientos e ideas del actor sobresaliendo los elementos más esenciales (Vera & Pirella, 2009). Mediante este, se buscó información respecto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con relación a las características de la finca.

5.1.4.2 Observación. Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables (Sampieri, Collado & Lucio, 2014). Esta técnica permitió la recolección de información necesaria con relación a la problemática de la finca san francisco de agropecuaria aliar, lo cual posibilitó el acercamiento o el contacto directo con el fenómeno a tratar.

5.1.4.3 Recolección de información secundaria: Implica la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos (Sampieri, Collado & Lucio, 2014). Esta técnica permitió la recolección de datos e información secundaria principalmente de documentos o informes de investigación relacionados a los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y las posibles pruebas químicas, físicas y biológicas que permitan la caracterización del agua residual.

5.2 Tipo de investigación

Para el desarrollo de este proyecto de grado, se tuvo en cuenta la variable dependiente e independiente. La variable dependiente, hace referencia al elemento, fenómeno o situación que es condicionado o causado por la variable independiente, entendida como el elemento, fenómeno o situación que determina o causa la presencia, cantidad o calidad de otro elemento. Teniendo en cuenta lo anterior, se definió la variable dependiente como los porcentajes de remoción de los contaminantes del agua residual y la independiente como los tipos de tratamiento evaluados.

Teniendo en cuenta que para este trabajo de investigación no se realizó ningún tipo de experimento en el cual las variables son modificadas, sino que mediante criterios de información secundaria se determinó cuál es el tratamiento más óptimo a utilizar; se estableció que el proyecto pertenece a un tipo de investigación denominada “investigación de campo” la cual tiene las siguientes características:

Recolección de datos reales sin manipular o controlar las variables, utilización de datos secundarios provenientes de fuentes bibliográficas, y datos primarios obtenidos a través de diseño de campo que permiten el logro de los objetivos y la solución del problema inicial (Palella & Martins, 2012).

5.2.1 Metodología por objetivo específico

En el siguiente apartado se presenta la metodología por fases desarrollada para cada uno de los objetivos específicos planteados. Asimismo, se encuentra el plan de trabajo para cada uno de los mismos, en donde las casillas de color azul corresponden a las técnicas y las de color verde a los instrumentos utilizados.

6. Recursos

6.1 Recursos Humanos

- Estudiante del programa de Administración Ambiental
- Docente Asesor del programa de Administración Ambiental
- ING Julieth Garzón jefe directo de las prácticas empresariales.

6.2 Recursos Institucionales

- Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena programa de administración ambiental.
- Finca San Francisco Agropecuaria ALIAR

6.3 Recursos Financiero

ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	MARZO DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	MARZO DEL 2022	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	MARZO DEL 2023	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	MARZO DEL 2024	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	MARZO DEL 2025	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000
ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	ABRIL DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	ABRIL DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	ABRIL DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	ABRIL DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	ABRIL DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000
ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	MAYO DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	MAYO DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	MAYO DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	MAYO DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	MAYO DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000



ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	JUNIO DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	JUNIO DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	JUNIO DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	JUNIO DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	JUNIO DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000
ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	JULIO DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	JULIO DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	JULIO DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	JULIO DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	JULIO DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000
ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	AGOSTO DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	AGOSTO DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	AGOSTO DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	AGOSTO DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	AGOSTO DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000



ID	MES TRABAJADO	RECURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR X DIA	VALOR X MES
1	SEPTIEMBRE DEL 2021	Administrador ambiental	1	Trabajo	\$ 42.307	\$ 1.100.000
2	SEPTIEMBRE DEL 2021	Transporte	26	Pasajes ida y vuelta	\$ 15.385	\$ 400.000,00
3	SEPTIEMBRE DEL 2021	Internet	124	Horas/mes	\$ 4.000	\$ 124.000
4	SEPTIEMBRE DEL 2021	Alimentación	5	Merienda	\$ 5.000	\$ 25.000
5	SEPTIEMBRE DEL 2021	Hospedaje	1	Mes	\$ 8.333	\$ 250.000
				TOTAL	\$ 75.025	\$ 1.899.000

ID	MES TRABAJADO	VALOR X MES
1	MARZO DEL 2021	\$ 1.899.000
2	ABRIL DEL 2021	\$ 1.899.000
3	MAYO DEL 2021	\$ 1.899.000
4	JUNIO DEL 2021	\$ 1.899.000
5	JULIO DEL 2021	\$ 1.899.000
6	AGOSTO DEL 2021	\$ 1.899.000
7	SEPTIEMBRE DEL 2021	\$ 1.899.000
	TOTAL	\$ 13.293.000

Nota: Autoría propia



7. Desarrollo Propuesta

El crecimiento de la empresa y en su lugar de cumplir con todos los aspectos ambientales, de sostenibilidad, nace la necesidad de un sistema de tratamiento de aguas residual doméstica en sitio en el predio de la **FINCA SAN FRANCISCO**, así mismo dando cumplimiento con la normativa ambiental requerida.

7.1 Descripción de las condiciones requeridas para el tratamiento en sitio, del tanque séptico prefabricado acordes con el ras 2017.

7.1.1 Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería. Las aguas residuales, pueden ser tratadas dentro del terreno de la finca San francisco agropecuaria aliar.

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un:

- **Tratamiento primario:** Es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos; es decir el proceso de asentamiento de los sólidos. Este paso está enteramente hecho a través de la trampa de grasas, por esa razón es conocido también como tratamiento físico.

- **Tratamiento secundario:** Es designado para degradar el contenido biológico de las aguas residuales, que se derivan de los desperdicios generados por el ser humano (desechos fecales, rines, residuos de comida, jabones y detergentes); es decir el tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentados.

- **Tratamiento terciario:** Etapa final, que permite aumentar la calidad del efluente al estándar requerido por la normatividad ambiental vigente, antes de que éste sea descargado al ambiente receptor como es en este caso el suelo, como sucede en la finca San francisco agropecuaria aliar; es decir son pasos adicionales al tratamiento de micro-filtración. Se puede utilizar más de un proceso terciario en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas. Si hay desinfección se aplicara siempre en el proceso final, este proceso se denomina “pulir el efluente”.

7.2 Acciones previas para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas

En caso de que las iniciativas partan de la administración de la finca san francisco agropecuaria aliar, la gestión previa para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales; se dará bajo el cumplimiento de las normas del Sistema Nacional de Ambiental SINA y sus normas complementarias, relativas al saneamiento Ambiental. Requieren de la aprobación del perfil y documento técnico, por parte de la autoridad ambiental competente.

7.3 Sistemas de tratamiento en in-situ

De acuerdo al artículo 173 del RAS 2017 los tanques sépticos contruidos in-situ: Re los tanques sépticos se utilizan en los siguientes casos: para áreas desprovistas de redes públicas

de alcantarillado, para vivienda rural dispersa con suficiente área de contorno para acomodar el tanque con sus procesos de pos tratamiento, para retención previa de los sólidos sedimentables y cuando y cuando hace parte de los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

Como parámetros generales de diseño, deberán tenerse en cuenta los siguientes:

1. El tiempo de retención hidráulica debe estar entre los 12 a 14 horas.
2. La relación entre largo y ancho del tanque séptico será como mínimo de 2:1 y como máximo de 5: 1.
3. El pozo deberá constatar como mínimo de 2 cámaras; el volumen de la primera cámara deberá ser igual a 2/3 del total del volumen.
4. La profundidad útil debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la tabla 25 de acuerdo al volumen útil obtenido.

Tabla 6.
Profundidad Útil

Profundidad útil		
Volumen útil (m³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Nota. Ras 2017

5. Se debe diseñar de tal manera que se facilite su inspección y mantenimiento.
6. Se debe contar con un dispositivo para la evacuación de gases.
7. Dedicarse aguas debajo de cualquier pozo o manantial destinado al abastecimiento de agua para consumo humano.

Parágrafo. En Todos los casos, el tanque séptico deberá ir acompañado De un filtro anaeróbico y sistema tratamiento complementario.

Según el artículo 174 del RAS 2017. Tanque séptico prefabricados. Deben estar fabricados a partir de materiales con características físicas y propiedades de resistencia a la corrosión, y resistencia mecánica, que los hagan apropiados para su utilización con aguas residuales durante un periodo de vida útil por lo menos 20 años.

Cada tanque debe estar rotulado con la siguiente información:

1. Identificación del fabricante y del producto
2. El número de la Norma Técnica Colombiana o Internacional con la que está certificado el producto.
3. La capacidad nominal.
4. La fecha de fabricación.
5. Tipo de material.
6. Para su dimensionamiento y localización se deben tener en cuenta los mismos criterios dados en el Artículo anterior Art. 173, con excepción del numeral 2, cuando otras formas geométricas; en este caso deberá justificarse el diseño Hidráulico correspondiente.

Parágrafo 1°. Deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.

Parágrafo 2°. En todos los casos, el tanque séptico deberá ir acompañado de un filtro anaerobio. Dependiendo de la normatividad ambiental vigente, se instalará a continuación un sistema de tratamiento complementario.

De acuerdo al Artículo 175. Filtro anaerobio de flujo ascendente. Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA) se construyen como una cámara anexa al final del pozo séptico o como una cámara independiente. El lecho filtrante podrá estar constituido por un lecho de grava, con un volumen de 0,02 a 0,04 m³ por cada 0,1 m³ / día de aguas residuales que se van a tratar; también será posible emplear material filtrante plástico, utilizando la mitad del volumen anterior.

Teniendo en cuenta el Artículo 176. Tratamientos complementarios del efluente del pozo séptico. Los pozos sépticos con filtros anaerobios deberán ir acompañados de sistemas de tratamiento complementarios. Para tal efecto, a continuación, se consideran algunas alternativas de tratamiento del efluente que deben ser seleccionadas por el responsable del diseño, de acuerdo con las condiciones de permeabilidad del suelo, el área disponible y la calidad requerida del efluente; se incluyen a continuación: campos de infiltración, pozo de adsorción o infiltración, filtros y humedales artificiales.

Para el desarrollo de este proyecto se plantea como alternativa de tratamiento para el efluente, la determinación de un campo de infiltración. Puesto que la Finca san francisco del predio agropecuaria aliar cuenta con suficiente área para desarrollar esta alternativa.

Según el artículo 177. Campos de infiltración. Debe localizarse aguas abajo del sistema de tanque séptico y ubicarse en suelos cuyas características permiten una absorción del agua residual que sale del mencionado sistema de tanques séptico. Los canales de infiltración deben ubicarse un lecho de grava cuyo diámetro estará comprometido entre 10 y 60 mm. Se evitará la proximidad de árboles, para prevenir la entrada de raíces. En la tabla 26 aparecen las dimensiones correspondientes.

Tabla 7.
Dimensiones para Campos de infiltración

Dimensiones para Campos de infiltración	
Parámetro	Dimensión
Diámetro de las tuberías	0,10 - 0,15 m
Pendiente	0.3 - 0.5 %
Largo máximo	30 m
Ancho de zanja	0,45 a 0,75 m

Nota. RAS 2017

El área de absorción necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo, que se determinan en los ensayos de infiltración. Se recomienda utilizar una tasa de aplicación a menor o igual a 100L/día/m² para los efluentes de tanques sépticos.

Para la implementación de este sistema de disposición, deberá verificarse que no existe afectación sobre los cuerpos de aguas subterráneas.



8. Realización de la prueba de infiltración, con el fin de tener en cuenta la capacidad absorción del suelo

Los sistemas de tratamiento in-situ son aquellos que se utilizan en lugares aislados, donde no existen redes de alcantarillado, o donde se requiere remover la cantidad de sólidos suspendidos antes de verter el agua residual al sistema de alcantarillado. Para comunidades de más de 200 habitantes se deben hacer estudios y recopilación de información necesaria.

La infiltración del agua en el suelo juega un papel fundamental en el ciclo hidrológico ya que determina la cantidad del agua superficial que permanecerá en el suelo, la que escurrirá como flujo superficial o la que se recargará en los mantos acuíferos. Esta varía y depende directamente de las particularidades geológicas de cada sitio presentando una mayor infiltración en sitios donde el suelo está compuesto por materiales permeables como arenas o rocas y por lo contrario una menor infiltración cuando hay presencia de materiales impermeables como por ejemplo las arcillas.

Para determinar la velocidad de infiltración del agua se realizan pruebas de infiltración en el campo para lo cual existen diversos métodos entre los que se pueden mencionar Lefranc, Doble Anillo o Pourchet entre otros. Las pruebas de infiltración, o de percolación como también se les conoce, comprenden procedimientos para evaluar la cantidad de agua que penetra en el suelo en un determinado intervalo de tiempo para determinar la permeabilidad del suelo y el tránsito de contaminantes de la superficie hacia los mantos acuíferos. Para la propuesta de proyecto se fundamentará a través del método POURCHET.

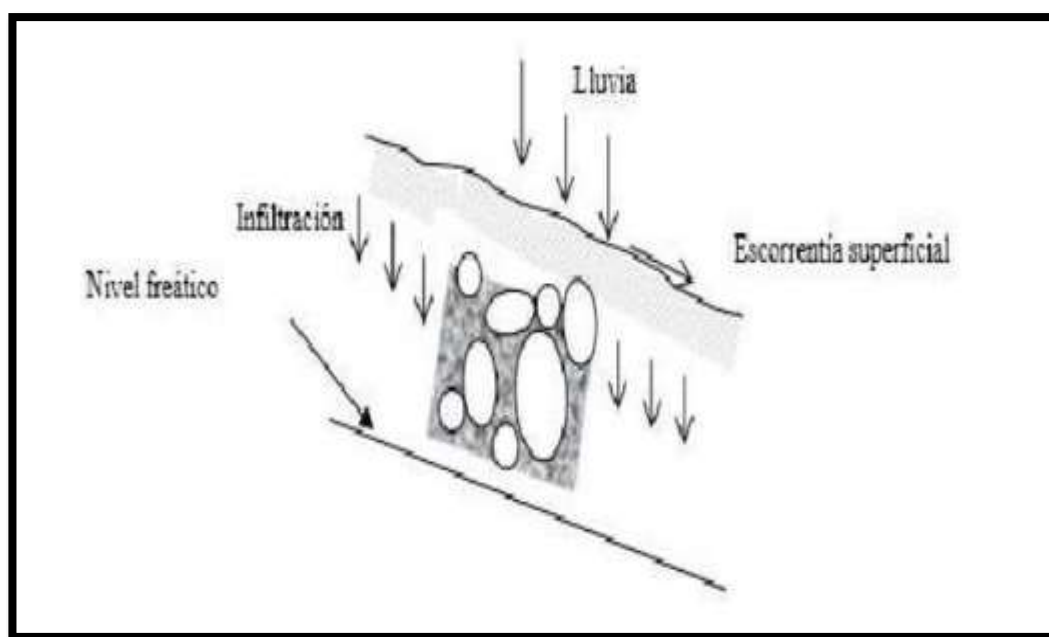
8.1 Definición de infiltración del agua

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. El proceso de infiltración puede continuar sólo si hay espacio disponible para el agua adicional en la superficie del suelo. El volumen disponible para el agua adicional depende de la porosidad del suelo y de la tasa a la cual el agua antes infiltrada puede alejarse de la superficie a través del suelo.

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad.

Figura 4.

Proceso de Infiltración del agua en el suelo.



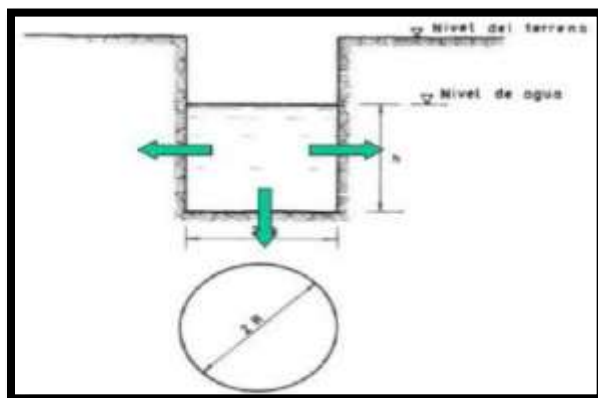
Nota. http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua

Para determinar la velocidad de infiltración del agua se realizan pruebas de infiltración en el campo para lo cual existen diversos métodos entre los que se pueden mencionar Lefranc, Doble Anillo o Pourchet entre otros. Las pruebas de infiltración, o de percolación como también se les conoce, comprenden procedimientos para evaluar la cantidad de agua que penetra en el suelo en un determinado intervalo de tiempo para determinar la permeabilidad del suelo y el tránsito de contaminantes de la superficie hacia los mantos acuíferos. Para la propuesta de proyecto se fundamentará a través del método POURCHET.

8.2 Método de Infiltración de Porchet

El pozo invertido reconocido como método de Porchet en la literatura francesa, ha sido diseñado para obtener la conductividad hidráulica de un suelo con problemas de drenaje, pero sin presencia de nivel freático en el momento de la medición. Se basa en el principio de la infiltración de agua en el suelo y se emplea un cilindro para hacer pasar continuamente agua a un suelo no saturado. Después de un tiempo, se encontrará que el suelo debajo y alrededor del cilindro alcanza la saturación, y que el frente húmedo describe una línea relativamente nítida entre el suelo húmedo y el suelo seco. Para la estimación de la tasa de infiltración en terreno se puede utilizar el método de Porchet, el cual consiste en excavar un cilindro de radio R y se llenarlo con agua hasta una altura h . El método se encuentra relacionado con la intensidad de precipitación y depende de las características físicas del suelo, tales como la textura, estructura, compactación, contenido de humedad, pues si este aumenta la cantidad de agua infiltrada disminuye.

Figura 5.
Cilindro excavado para el método de Porchet



. (informe- “método de porchet para la velocidad de infiltración del suelo” Natalyv Guzmán estrada y Ilsyr Hernández Medrano faculta de ingeniería universidad de san Carlos de Guatemala 2016)

La superficie a través de la cual se infiltra el agua es:

$$S = \pi \cdot R * (2h + R)$$

Para un tiempo dt suficientemente pequeño para que pueda suponerse que la capacidad de infiltración “ f ” es constante verificando la igualdad:

$$\pi - R * (2h + R) * f = -\pi - R^2 \frac{dh}{dt}$$

$$f * dt = -R \frac{dh}{2h + R}$$

$$f = \frac{R}{2(t^2 - t^1)} * \ln \left(\frac{2h^1 + R}{2h^2 + R} \right)$$

Luego de simplificar e integrar, para determinar 2F2 basta con realizar las mediciones con pares de valores (h_1 , t_1) y (h_2 , t_2); de forma que t_2 y t_1 no difieran demasiado, para así evaluarlo en la expresión obtenida anteriormente.

8.3 Desarrollo del método Porchet

1. **Número y localización de las pruebas.** Existen diferentes criterios sobre este aspecto, sin embargo, dependiendo del proyecto y la importancia que el mismo signifique, deben realizarse como mínimo cuatro o más pruebas en sitios uniformemente espaciados sobre el campo de absorción propuesto. En situaciones de exploración, para un proyecto de viviendas, cuando se trabaja con los terrenos en verde, los sitios de prueba deben estar separados 30 metros, pero nunca más de 50 metros.

2. **Tipo de agujero.** Esta etapa se divide en dos; primero se hace una “trinchera” y luego se hace el agujero para la prueba. La trinchera se excava de 80 centímetros a 1 metro de lado. Esta “gaveta” como comúnmente se le conoce, debe permitir que una persona pueda inclinarse y hacer las correspondientes lecturas de profundidad de agua; esta excavación se puede hacer de una profundidad entre 30 y 60 centímetros. En un extremo de la gaveta, no en el centro, se perfora el agujero de prueba de 10 a 30 centímetros de diámetro, con una profundidad adicional mínima de 30 centímetros, de forma tal que el fondo de este segundo agujero coincida con la profundidad de la zanja de absorción propuesta (normalmente entre 60 centímetros y 1,10 metros). Esa perforación se puede hacer con un “auger” manual o mecánico, así como con la ayuda de una “macana”. Cuando se vayan a utilizar pozos de infiltración y no zanjas de infiltración, el fondo de los agujeros de prueba se hace a diferentes profundidades. Por ejemplo, si se estima que el pozo tendrá 3 m de profundidad es necesario ejecutar al menos tres pruebas de

infiltración; esto será a 1 metro, a 2 metros y a 3 metros. Porque se debe conocer la capacidad de infiltración en cada uno de los diferentes estratos.

3. Preparación del agujero de prueba. Se raspa cuidadosamente el fondo y las paredes del agujero perforado con el filo de un cuchillo o un instrumento punzocortante, para remover cualquier superficie de suelo remodelado y proporcionar una interface natural del suelo en el cual pueda filtrarse el agua. Se retira todo material suelto del agujero; se agregan 5 centímetros de arena gruesa, grava fina o piedra quintilla para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos. Es muy importante registrar el tipo de suelo que se extrae de ese agujero. Con ello, se aproxima otra apreciación de las posibles condiciones filtrantes del sitio.

4. Saturación y expansión del suelo. Para asegurar una completa saturación y expansión del suelo, se mantiene el agujero menor (el cilíndrico) lleno de agua durante un período conveniente de 24 horas consecutivas, previo a la prueba o toma de lecturas. La saturación del suelo es muy importante porque los sistemas de infiltración deben funcionar correctamente en las épocas de lluvia. Con esta etapa se pretende simular ese hecho. Y si no se realiza en forma correcta, los sistemas que se dimensionen con datos errados, no funcionarán cuando las personas requieran utilizar los sistemas de saneamiento en los períodos de alta precipitación y saturación natural de los terrenos.

5. Medición de la tasa de filtración. Pasado el período de saturación, indicado en el punto anterior, se ajusta la profundidad del agua a por lo menos 15 centímetros sobre la grava o arena gruesa colocada en el fondo. Desde un punto de referencia fijo, se mide el nivel de agua a intervalos de 30 minutos durante un período entre 2 y 4 horas, añadiendo agua sobre la grava cuando sea necesario (se agrega agua cuantas veces se requiera dentro del período establecido

para la toma de datos). El descenso que ocurra en los últimos 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración, usualmente expresada en minutos/cm.

6. **Datos.** La diferencia de lecturas, al inicio y al final del último período de 30 minutos, es la que se utiliza para definir la tasa de infiltración (T), la cual se expresa generalmente en minutos/centímetro. Siempre es conveniente obtener el promedio de todas las lecturas realizadas y compararlo con el dato encontrado durante el último período. Si se dieran diferencias significativas, se tendrá evidencia de errores cometidos durante las lecturas o el efecto de una deficiente saturación previa.

Paso No. 1

Realizar una la limpieza de cobertura vegetal, seguido se hace una calicata con un diámetro de 30 cm x 30 cm y una profundidad de 60 cm.



Paso No. 2

Luego de tener la calicata con una profundidad de 60 cm, se le agrega una capa de 3 Cm de grava fina.



Paso No. 3

En este paso se realiza una llenar la calicata con agua, se deja de un día para otro para poder tomar las lecturas.



Paso No. 4

Para realizar la prueba siempre se debe dejar una lámina de agua de 15 cm en cada lectura, si es necesario se agrega más agua.



Paso No. 5

Se llena la calicata de agua con una altura superior a los 15 cm de la grava, y se comienzan a tomar las lecturas cada 30 minutos.



Nota: autoría propia

También es llamado Método del pozo barrenado invertido, Se busca determinar el valor de la Conductividad hidráulica saturada horizontal del suelo K_s ; midiendo así el nivel de descenso del agua en el pozo, una vez que el suelo se ha saturado previamente. La conductividad hidráulica saturada K_s ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$) se determina mediante la ecuación:

$$K_s = 1.15 \cdot R \cdot S$$

Donde:

- R = radio del pozo en cm.
- S = pendiente de la curva logarítmica ($h_t + R/2$) versus el tiempo.
- h = altura de la columna de agua dentro del pozo.

$$K_s = 1.15 \cdot R \frac{\log(h_1 + r/2) - \log(h_2 + r/2)}{t_n - t_1}$$

- h_1 es el tirante inicial en el pozo (cm).
- h_2 es e tirante final de agua en el pozo (cm).
- t_n Tiempo que tarda el agua en bajar del nivel inicial al final (seg).
- t_1 Tiempo inicial ensayo (cm/seg)

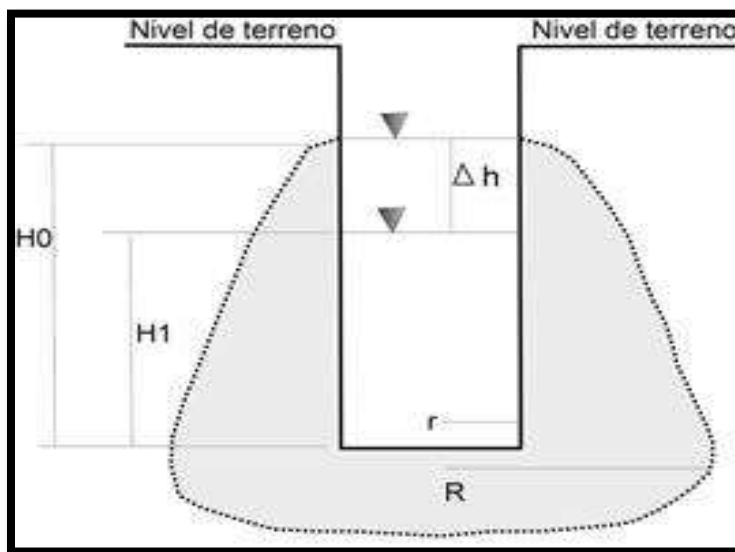
9. Determinación de la velocidad de infiltración

Para determinar infiltración es muy utilizado el método de ensayo Porchet, también conocido como ensayo de nivel constante; este procedimiento o técnica se usa para medir la velocidad con la que el agua es infiltrada en un hoyo, en el cual se va a proceder a realizar la prueba. Se realiza in-situ en suelos no saturados y los hoyos varían de profundidad. Entonces, al alcanzar la saturación del terreno cercano al pozo, la velocidad de infiltración en el suelo será muy constante, bajo estas condiciones. Esta técnica no es tan costosa en comparación con otras, pero con un consumo de agua mucho mayor. Además, tiene la ventaja de ser rápida y de fácil implementación.

9.1 Método de Porchet

Este procedimiento es también reconocido en la literatura inglesa como “inverse auger method”. El método consiste en la excavación o perforación de un agujero cilíndrico, al cual se le inyecta agua en uno o varios ciclos para saturar el terreno circundante. Posterior a la saturación, se inyecta un volumen predefinido de agua (para alcanzar una altura de agua inicial en el agujero H_0 (Fig.6). Seguidamente se procede a medir la disminución del nivel del agua hasta alcanzar una tasa de decaimiento estable.

Figura 6.
Método de Porchet



Nota. (Macías J.; Vargas A.; & Arellano F., 2018)

Se han propuesto diferentes formulaciones para analizar los datos de este ensayo.

Básicamente dichas formulaciones pueden clasificarse en: métodos que consideran solamente el
Fig.6

Ensayo de Porchet. H_0 , H_1 =alturas de lámina de agua para tiempos $t_0 = 0$ y t_1 ; r = radio agujero de perforación; R = radio estimado de bulbo de saturación. potencial gravitacional, y métodos que consideran el potencial gravitacional, de presión y capilar.

9.2 Cálculos

Para el inicio de los cálculos se procede a determinar la tasa de infiltración, como se trabajó durante un tiempo de cuatro (4) horas se relacionaron y se toma un promedio.

Tabla 8.

Tasa de infiltración (T) se toma de la primera lectura con la última diferencia

Hora inicial	Hora final	Lectura "i"	Lectura "f"	Diferencia (cm)
8:37	9:07.a.m	30	36	6 Cm
9:07	9:37	36	40	6 Cm
9:37	10:07	40	43	3 Cm
10:10	10:40	25	29	4 Cm

Nota. Autoría Propia

$$T = 30/4 = 7.5 \text{ min/cm}$$

$$T = 7,5 \text{ min/cm}$$

Tabla 9.

Velocidad de Infiltración

Velocidad de infiltración	
(Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos).	
t	Vp
(min/cm)	(m/seg)
2	$1,00 \times 10^4$
3	$8,20 \times 10^7$
4	$7,10 \times 10^7$
5	$6,35 \times 10^7$
6	$5,80 \times 10^7$
7	$5,37 \times 10^7$
8	$5,02 \times 10^7$
9	$4,73 \times 10^7$
10	$4,49 \times 10^7$
11	$4,28 \times 10^7$
12*	$4,10 \times 10^7$
14	$3,80 \times 10^7$

16	$3,55 \times 10^{-7}$
18	$3,35 \times 10^{-7}$
20	$3,18 \times 10^{-7}$
22	$3,03 \times 10^{-7}$
24**	$2,90 \times 10^{-7}$
25	$2,84 \times 10^{-7}$
*Resultado mayor, inadecuado para pozos de absorción.	
** Resultado mayor, inadecuado para sistemas de absorción	

Nota. (Rosales Escalante, 2003)

9.2.1 Velocidad de infiltración

Velocidad de infiltración = (Vp).

la formula correspondiente para determinar la velocidad de infiltración es $V_p = \frac{127,75}{\sqrt{t}}$

donde **127,75** es una constante, sobre $\sqrt{t}$ obteniéndose el resultado en m/s.

$$V_p = \frac{127,75}{\sqrt{7,5}} = 46.647 \text{ (m}^3/\text{m}^2) \text{ /día}$$

$$V_p = \frac{46.647}{1000} = 0,046647 \text{ m/día}$$

$$V_p = \frac{0,046647}{86400} = 5.37 \times 10^{-7} \text{ m/s; Este valor corresponde al de la tabla de velocidad de}$$

Nota. (Rosales Escalante, 2003)



10. Ejecutar el análisis para determinar la capacidad del pozo séptico del predio san francisco requerido bajo el cumplimiento de la RAS 2017 capitulo e.

Teniendo en cuenta los requerimientos que se plantean, y para determinar el valor del caudal que ingresa al pozo séptico debemos de saber el número de población que residen en el predio, y la flotante que llega al servicio de alimentación en el casino del predio san francisco, donde las RAS nos indica las siguientes contribuciones de caudal dependiente el predio que se está analizando.

Según el **artículo 174. los tanques sépticos prefabricados**. Deben de estar fabricados a partir de materiales con características físicas y propiedades de resistencia a la corrosión y resistencia mecánica que los hagan Apropriadas para su utilización con aguas residuales durante un período de vida útil por lo menos 20 años.

Ya cada tanque debe estar rotulado con la siguiente información:

1. Identificación del fabricante y del producto.
2. El número y la norma técnica colombiana o internacional con la que está certificado el producto.
3. La capacidad nominal.
4. La fecha de fabricación.
5. Tipo de material.
6. Para su dimensionamiento y localización se debe Tener en cuenta los mismos Criterios dados en el artículo anterior, con excepción del numeral 2, cuando se utilicen otras formas geométricas; en este caso deberá justificarse el diseño hidráulico correspondiente.

Parágrafo 1°. Deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.

Parágrafo 2°. En todos los casos, el tanque séptico deberá ir acompañado de un filtro anaerobio. Dependiendo de la normatividad ambiental vigente, se instalará a continuación un sistema de tratamiento complementario.

ARTICULO 175. Filtro anaeróbico de flujo ascendente. Los filtros anaeróbicos del flujo ascendentes (FAFA) se construyen como una cámara anexa al final del pozo séptico o como una cámara independiente. El lecho filtrante podrá estar constituido por un lecho de grava, con un volumen de 0,02 a 0,04 m³ por cada 0,1 m³/día de aguas residuales que se van a tratar; también será posible emplear material filtrante plástico, utilizando la mitad del volumen anterior.

ARTICULO 175. Tratamiento complementario del efluente del pozo séptico. Los pozos sépticos con filtros anaeróbicos deberán ir acompañado de sistemas de tratamiento complementarios. Para tal efecto, a continuación, se consideran algunas alternativas de tratamientos del efluente que deben ser seleccionadas por el responsable del diseño, de acuerdo con las condiciones de permeabilidad del suelo, el área disponible y la calidad requerida del efluente; se incluyen a continuación: campos de infiltración, pozo de absorción o de infiltración, filtros intermitentes y humedales artificiales.

se estableció que el aporte que genera el personal que labora en el predio san francisco, donde laboran 44 personas permanentes y 130 flotantes se producirá $(140 \times 174) = 24360$ L/día, haciendo las conversiones ese valor representa:

$$Q = 24360 \text{ L/día} = 24.36 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 2,81194 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,28194 \text{ L / s}$$

Con este caudal se procederá a solicitar a la empresa para que elabore o si tiene a disposición el tanque prefabricado.

10.1 Postratamientos

10.1.1 Campo de infiltración

Consiste en una serie de trincheras angostas y relativamente superficiales rellenas con un medio poroso (normalmente grava).

10.1.2 localización

Deben localizarse aguas debajo de los tanques sépticos y deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas. Los canales de infiltración deben localizarse en un lecho de piedras limpias cuyo diámetro debe estar comprendido entre 10 y 60 mm. Deben evitarse la proximidad de árboles, para evitar la entrada de raíces.

10.1.3 Dimensionamiento

En la tabla 10 aparecen las dimensiones que se deben usar.

Tabla 10.
Dimensionamiento

Parámetro	Dimensiones
Diámetro de canales	0.10-0.15m
Pendiente	0.3 – 0.5 %
Largo máximo	30 m
Ancho de fondo	0.45 a 0.75 m

Nota. RAS 2017

El área de absorción necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo que se determinan en los ensayos de infiltración. En la tabla E.3.5 aparecen valores típicos que se deben usar para el diseño.



Infiltración

Luego de tener el resultado se realiza la conversión de litros a m³ y luego al día posteriormente a segundos, como debe quedar para el siguiente paso.

10.1.4 Caudal (Q) de agua por día que recibirá el suelo.

Para este estudio, se estima que una persona representa una descarga de 140 litros/habitante*día. Es importante definir este dato teniendo en cuenta, “usos” de agua que a veces se tienen tan altos consumos por persona día, o en forma contraria es posible contar con la utilización, en el Condominio, de artefactos de bajo consumo y reglas claras para un uso racional del agua. Para el cálculo, se estableció que el aporte que genera el personal que labora en el predio san francisco, donde laboran 44 personas permanentes y 130 flotantes se producirá (140 x 174) = 24360 L/día, haciendo las conversiones ese valor representa:

$$Q = 24360 \text{ L/día} = 24.36 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 2,81194 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,28194 \text{ L / s}$$

10.1.5 Cálculo del Área de infiltración que se requiere en zanjas o pozos

$$A_i = \frac{Q}{V_p}$$

$$A_i = \frac{2,81194 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{5.37 \times 10^{-7} \text{ m/s}} = 52,36 \text{ m}^2$$

Este valor debe ser afectado por otros factores, siendo los más importantes:

- Precipitación (Fp) Se recomienda un valor no menor a 1.5, el cual se ajustó a las diferencias de precipitación media que se registran en otras áreas de la región más lluviosas.

- El revestimiento superior (r_c) “0” con nada cubriendo la superficie del terreno y casi 1, al cubrirse No puede ser 1, ya que la ecuación se indeterminada. Entonces, Superficie del terreno o área verde requerida:

$$A'c = A_i * (F_p)$$

$$A'c = 52.36 \text{ m}^2 * (1,5) = 78,54 \text{ m}^2$$

10.1.6 Superficie total requerida para el campo de infiltración:

$$A_c = A'c / (1 - r_c)$$

$$A_c = 78,54 \text{ m}^2 / (1 - 0) = 78,54 \text{ m}^2$$

Fuente. (Rosales Escalante, 2003)

Este cálculo es importante, porque de esta forma se determina la parte del lote que se debe destinar al campo de infiltración. El detalle a resaltar es que siempre se ha asumido darle importancia solo al cálculo de la “longitud de drenaje” y, el proceso correcto no es solo eso. Es necesario también tener claro que para un buen proyecto se debe saber qué tan grande debe ser la superficie requerida para colocar ahí toda esa longitud de drenaje que se calculó.

Para determinar el valor de la precipitación se realiza un promedio de precipitación del año 2021.

Tabla 11.

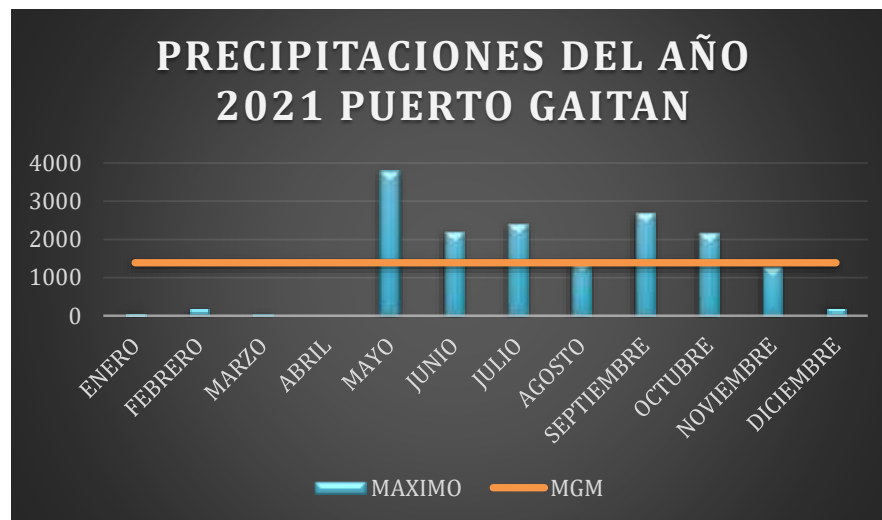
Precipitación año 2021

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUNI	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2021	98	186,8	86,4	0	3774,2	2222,6	2428,4	1420,2	2719,4	2176,2	1291,6	211,8
MGM	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6	1384,6
MAXIMO	98	186,8	86,4	0	3774,2	2222,6	2428,4	1420,2	2719,4	2176,2	1291,6	211,8

Nota. Autoría Propia

Figura 7.

Precipitación año 2021



Nota. Autoría Propia

11. Manual De Operación, Control Y Mantenimiento De Un Tanque Séptico

Los sistemas sépticos están conformados por varias estructuras que tienen como función recibir las aguas provenientes de las cocinas, baño, lavaderos, etc., y tratarlas.

11.11 Composición de los Sistemas

Los sistemas están compuestos por Trampas de grasas, Tanque séptico, filtro anaerobio, Cajas distribuidoras, Campos de infiltración.

11.2 Arranque

Antes de colocar en funcionamiento el tanque séptico, este debe ser cargado con agua y si fuera posible, inoculado con lodo proveniente de otro tanque séptico a fin de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos en general.

11.3 Tanque Séptico

El tanque séptico debe inspeccionarse cada año, cuando se trate de instalaciones domésticas y cada seis meses en el caso de establecimiento públicos como escuelas, industrias o comercios. Al abrir el registro del tanque séptico para efectuar la inspección o la limpieza, se debe tener el cuidado de dejar transcurrir un tiempo hasta tener la seguridad que el tanque se

haya ventilado lo suficiente porque los gases que en ella se acumulan pueden causar asfixia o ser explosivos al mezclarse con el aire. Por ello nunca debe encenderse fósforo o cigarrillo cuando se apertura un tanque séptico (CEPIS, 2005).

Los tanques sépticos se deben limpiar antes que se acumulen demasiada cantidad de lodos y natas, ya que su presencia por encima de determinados niveles conduce a que puedan ser arrastrados a través del dispositivo de salida obturando el campo de infiltración. Cuando esto último sucede, el líquido aflora en la superficie del terreno y las aguas residuales se represan y en casos extremos el agua residual puede inundar la vivienda o a la edificación. Cuando se llega a estos extremos, no sólo es necesario limpiar el tanque séptico, sino que además será necesario construir un nuevo campo de infiltración (CEPIS, 2005).

El tanque séptico se ha de limpiar cuando el fondo de la capa de nata se encuentre a unos ocho centímetros por encima de la parte más baja del deflector o prolongación del dispositivo de salida o cuando la capa de lodos se encuentre a 0,30 m por debajo del dispositivo de salida.

La presencia de turbiedad en el líquido efluente con la presencia de pequeñas partículas de sólidos sedimentables es un síntoma que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y se está afectando severamente el sistema de infiltración, por lo que deberá programarse de inmediato su limpieza, ya que el volumen ocupado por la nata y el lodo ha hecho disminuir el período de retención del agua dentro del tanque séptico conduciendo a una menor eficiencia remocional del material sedimentable. Por ello, es una buena práctica disponer de una caja intermedia entre el tanque séptico y el campo de infiltración para observar la calidad de efluente drenado por el tanque séptico (CEPIS, 2005).

11.3.1 Trampa De Grasas

Está diseñada para recibir aguas de cocinas y lavaderos o de aguas con formación de residuos grasos y jabones. La trampa de grasas es un pequeño tanque construido en bloque, ladrillo o concreto. Se usa para evitar que las GRASAS lleguen al pozo séptico, al Filtro Anaerobio y provoque daños en el sistema. La trampa de grasas se ubica en lugares sombreados para mantener bajas temperaturas en su interior (CEPIS, 2005).

El espesor de la nata se puede medir con un listón de madera en cuyo extremo lleve fijada una aleta articulada. El listón se fuerza a través de la capa de nata hasta llegar la zona de sedimentación en donde la aleta se desplazará a la posición horizontal. Al levantar el listón suavemente, se podrá determinar por la resistencia natural que ofrece la nata, el espesor de la misma. Este mismo dispositivo puede ser empleado para determinar el nivel bajo del deflector o de la prolongación del dispositivo de salida.

Para determinar el espesor de lodo y la profundidad del líquido, se emplea un listón de madera en cuyo extremo tenga enrollado una tela tipo felpa material del cual se fabrican las toallas) en una longitud de aproximadamente un metro. Este dispositivo se hace descender hasta el fondo del tanque a través del dispositivo de salida para evitar la interferencia de la capa de nata. Luego de mantener el listón por un minuto, se le retira cuidadosamente y las partículas de lodo quedarán adheridas sobre el enrollado de felpa, permitiendo determinar el espesor de la capa de lodos.

Con estas tres determinaciones: espesor de la capa de nata; espesor de la capa de lodo, y ubicación del nivel del deflector o prolongación del dispositivo de salida, se podrá determinar el momento de la limpieza del tanque séptico.

11.3.2 Caja de Distribución

La caja de distribución debe ser inspeccionada cada tres o seis meses para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución del agua residual hacia los fosos o zanjias de percolación. En caso de verificarse una mala distribución de agua por la presencia de sólidos se deberá proceder a su limpieza (CEPIS, 2005).

11.3.3 Fosas o zanjias de percolación

Las fosas o zanjias de percolación deben ser inspeccionadas periódicamente en razón que con el tiempo tiende a depositarse materias sólidas que tienden a obturar los poros del material filtrante, afectando la capacidad de tratamiento del campo de tratamiento, así como su capacidad de infiltración, lo que conduce indefectiblemente a cambiar el material filtrante o en su defecto, a la construcción de un nuevo campo de infiltración (CEPIS, 2005).

11.4 Limpieza tanque séptico

11.4.1 Inspección de los lodos

Cada seis (6) meses, con una vara de dos metros de largo y forrada 0.90 m con un trapo blanco a partir de uno de sus extremos, se mide la profundidad de la capa de lodo en el fondo del tanque séptico. Abra la primera tapa de registro e introduzca la vara con la punta forrada hacia abajo hasta tocar el fondo del tanque, déjela allí unos cinco minutos y retírela lentamente. Mida la zona de la vara que sale untada de lodos sobre el trapo blanco debe presentar una zona negra, si esta zona mide 40 o más centímetros el pozo debe limpiarse.

La limpieza inicial o el intervalo entre dos de limpieza consecutivas dependen de la intensidad de uso del tanque séptico, por que cuanto mayor es el uso, menor será el intervalo entre limpiezas. Normalmente, se recomienda limpiarlo una vez por año, pero ello depende de su diseño. El dispositivo más empleado para la remoción del lodo del tanque séptico es el carro cisterna equipado con bomba de vacío y manguera. El retiro de los lodos se realiza hasta el momento en que se observe que el lodo se torna diluido.

En pequeñas instalaciones, la limpieza se puede ejecutar con un recipiente dotado de un mango largo para retirarlo del interior del tanque séptico o mediante una bomba manual que descargue a un recipiente o a un camión tanque. Para facilitar el retiro de la nata, poco antes del retiro del lodo, se esparce en su superficie cal hidratada o ceniza vegetal y luego, con la ayuda de un listón de madera se procede a mezclarlo. Esto inducirá a que gran parte de la espuma se precipite e integre al lodo facilitando de esta manera su retiro. La parte remanente podrá ser retirada con la ayuda de un cucharón a través de la tapa de inspección

Durante la limpieza del tanque séptico, por ningún motivo se debe ingresar al tanque hasta que se haya ventilado adecuadamente y eliminado todos los gases, a fin de prevenir los riesgos de explosiones o de asfixia de los trabajadores. Cualquier persona que ingrese al interior de un tanque séptico debe llevar atada a la cintura una cuerda cuyo extremo lo mantenga en el exterior del tanque una persona lo suficientemente fuerte como para izarla en el caso de que los gases del tanque lo lleguen a afectar.

Una vez retirado el lodo, el tanque séptico no debe ser lavado o desinfectado y más bien se debe dejar una pequeña cantidad de lodo como inóculo para facilitar el proceso de hidrólisis de las nuevas aguas residuales que han de ser tratadas. Los lodos extraídos deben ser dispuestos

en una planta de tratamiento de aguas residuales para su acondicionamiento final o enterrado convenientemente en zanjas de unos 60 centímetros de profundidad. Las personas encargadas del mantenimiento y conservación de los tanques sépticos, deberán emplear guantes y botas de hule (CEPIS, 2005).

11.4.2 Trampa de Grasa

La trampa de grasa debe ser limpiada cada quince días o mensualmente y consistirá en el retiro del material flotante y del material sedimentable. La limpieza debe efectuarse durante las primeras horas de la mañana cuando la temperatura del aire y del agua residual alcanza sus valores más bajos lo que facilita el retiro del material graso al encontrarse solidificado.

Por ningún motivo deberá emplearse agua caliente para licuar la grasa y facilitar el drenaje hacia el tanque séptico o sistema de alcantarillado. Esta operación conduce a que al enfriarse y solidificarse el material graso se adherirá a las paredes de la tubería afectando su capacidad de conducción o incrementará la capa de espuma al interior del tanque séptico (CEPIS, 2005).

11.3.2.1. Mantenimiento de la Trampa de Grasas. Limpieza de las zonas donde se almacenan las grasas y aceites: para un adecuado funcionamiento de estas trampas es importante tener en cuenta que la temperatura del agua y el uso de detergentes afecta el funcionamiento y disminuye la eficiencia de remoción. El mantenimiento de trampas de grasas y aceites se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

Destapar los tanques y extraer los sobrenadadores, que generalmente son grasas y aceites, con una vasija preferiblemente con orificios (colador o nasa) retirar las natas (grasas) flotantes.

Si hay suficiente cantidad retirar los lodos del fondo, dejando un porcentaje (20% de la cantidad total inicial).

Transportar las natas y lodos preferiblemente en caneca, retirándoles toda el agua posible. Evitar cualquier derrame. Las grasas se vacían en un hueco que debe abrirse previamente en la tierra y al cual se le debe agregar cal agrícola, antes y después de vaciar las grasas. El hueco se cubre con la misma tierra extraída del mismo (CEPIS, 2005).

11.3.2.2. Inspección de Natas. Con una vara de dos metros de largo y una aleta articulada en un extremo (colador) de 15 x 15 cm, se hace la inspección empujando a través de la capa superficial. Hacer una marca en la vara donde está el nivel del borde superior de la nata.

11.4.3 Mantenimiento Completo

Antes de limpiar el tanque, se debe dejar ventilar, quitando una de las tapas hasta que los gases se hayan desalojado, para así evitar riesgos de explosión o asfixia. Se sacan la mayoría de los lodos, dejando una pequeña capa de éstos en el fondo del tanque (20% de la capa de lodos existentes antes de la limpieza), para garantizar la actividad bacteriana en los pozos.

Transportar las natas y lodos en canecas, retirándoles toda el agua posible. Evitar cualquier derrame. También es posible utilizar estos lodos para abono, previa preparación en un sitio específico (retirar la mayor cantidad de agua posible y mezclarlos con cal agrícola). Enterrar los lodos y natas en un hueco que debe abrirse previamente en la tierra, agregando un poco de cal agrícola antes y después de hacer el vaciado de los lodos y natas, luego se procede a tapar el hueco con la misma tierra de excavación (CEPIS, 2005).

11.5 Abandono de la Obra

En el caso de abandono de un tanque séptico, es recomendable que se le rellene con tierra o piedras para evitar que se convierta en un foco infeccioso o en madriguera de animales indeseables.

11.5.1 Control de Calidad

El control de la calidad de las aguas residuales efluentes se ejecuta mediante la cuantificación de los lodos sedimentables y de la carga orgánica o demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esta última prueba ayuda a determinar la eficiencia del proceso de tratamiento y que para el caso de los tanques sépticos está comprendida entre el 30 al 40% (CEPIS, 2005).

11.6 Medidas de protección al usuario y del medio ambiente

Para llevar a cabo el mantenimiento se hace necesario que el usuario que lo ejecuta tenga en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad y de medio ambiente:

- El usuario deberá tener como mínimo: guantes, botas largas, careta de protección facial.
- No se debe agregar ninguna sustancia química a los sistemas de tratamiento debido a que estas inactivan el proceso bacteriano anaerobio que tienen estos sistemas.
- Por ningún motivo se puede ingresar a los pozos sépticos sin que estos estén muy bien aireados con anterioridad, ya que los gases que se producen pueden causar asfixia a las personas.

- En caso de que se presenten malos olores emanados por los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica, se debe colocar virutas de aluminio (esponjilla) en la boca de los extractores de olores para contrarrestarlos.
- Es posible utilizar bacterias liofilizadas aclimatadas específicamente para pozos sépticos para aumentar su eficiencia, reducir natas y desbloquear tuberías (CEPIS, 2005).

11.6.1 Equipo Necesario para las Labores de Mantenimiento

Figura 8.
Herramientas par limpieza



12. Conclusiones

Atraves de este proyecto y realizando una revisión de las guías establecidas en diferentes entes nacionales y la resolución 0330 del RAS 2017 en sus diferentes títulos, quienes fueron fundamentales para establecer un buen proceso y funcionamiento del pozo séptico. Se concluye la importancia del tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico, para minimizar o mitigar su impacto ambiental al recurso hídrico y del suelo del área de influencia del proyecto finca Sanfrancisco agropecuaria aliar.

Se lograron realizar las pruebas de infiltración a través del método de porchets obteniéndose como resultado datos que permitieron realizar los cálculos para establecer el dimensionamiento del campo de infiltración. De esta manera cumplir con los requerimientos técnicos exigidos por la autoridad ambiental.

Se concluye que el método de porchets es una metodología se fácil acceso y comprensión para realizar los respectivos, cálculos que permiten determinar la velocidad de infiltración en un determinado suelo pudiéndose establecer cuál es su capacidad de absorción que se requiere para implementar el campo de infiltración de este sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas para la finca San francisco agropecuaria aliar.

Se concluye con este proyecto que el programa de administración ambiental a través de sus cursos de matemáticas con que se cuentan permitió establecer la capacidad o volumen del pozo séptico con el apoyo de la resolución 0330 del 2017 RAS 2017, la cual establece los procedimientos para determinar el aforo que debe tener un pozo séptico prefabricado, el cual cumpla con la normatividad ambiental vigente.

Teniendo en cuenta los estudios realizados en el presente trabajo , se concluye que el pozo séptico debe contar con un área libre de vegetación con el fin que el campo de infiltración no sea obstaculizado por alguna raíz de una especie arbórea, sabiendo que el área de infiltración debe ser 194 m², por el caudal que está manejando el pozo séptico de la Finca Sanfrancisco, realizar los mantenimientos oportunos en las trampas de grasas, para evitar posibles taponamientos en el sistema de infiltración a futuro, dando cumplimiento normativamente.

13. Recomendaciones

Con el fin de facilitar los mantenimientos preventivos que requieren los tanques sépticos resulta necesario mantener despejar la parte superior del tanque e igualmente el espacio ocupado por el tanque debe ser aislado mediante cerramiento y uso debe exclusivo para este.

Se recomienda que los terrenos donde se va a construir el sistema tenga una pendiente como mínimo del 1%, Esto para garantizar el arrastre de sedimentos en la tubería, ya que debe funcionar a flujo libre.

No se debe de lavar ni desinfectar el tanque después de la extracción de lodos. La adición de desinfectantes u otras sustancias químicas perjudican su funcionamiento, por lo que no se recomienda su empleo.

El campo de infiltración para el pozo prefabricado del predio San Francisco se debe cambiar de ubicación teniendo en cuenta los estudios realizados del presente trabajo lo cual indica que no debe ser estar cerca de zona verdes es decir que no tenga en su área de infiltración árboles que pueda ocasionar taponamiento y movimientos de la tubería de infiltración, con ello se debe realizar el mantenimiento oportuno de las trampas de grasa, Ya que se han presentado casos que si no se realiza los mantenimientos oportunos se colapsa el campo de infiltración de los pozos séptico.

14. Referencias Bibliográficas

Biodyne S.A.S. (2011). Manual de pozos sépticos. Bogotá

CEPIS. (2005). Organización panamericana de la salud. . Obtenido de Guía para la operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización:
https://www.academia.edu/30121786/GU%C3%8DA_PARA_EL_DISE%C3%91O_DE_TANQUES_S%C3%89PTICOS_TANQUES_IMHOFF_Y_LAGUNAS_DE_ESTABILIZACI%C3%93N

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). Aguas residuales. Definiciones. Obtenido de Pozos Septicos Estructuras y Tipos: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/pozos-septicos-estructura-y-tipos/>

Instructivo. (s.f.). Instructiro R014. Obtenido de MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN EN EL SUELO:
http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R014_%20infiltrometro%20doble%20anillo.pdf

Empresa de servicios públicos de Medellín y Colombia. (2018). Normas y especificaciones generales de construcción, tanques sépticos y pozos de absorción. Medellín

Eternit. (2018). Sistema de tratamiento anaeróbico de aguas residuales. elemental.

Lozano-Rivas, W,A. (2012). 358039 – Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Macías J.; Vargas A.; & Arellano F. (2018). Revista Geológica de América Central.

Minambiente, Plan Nacional De Manejo De Aguas Residuales En Colombia, Ed Bogotá – Colombia: junio 2004

Minambiente, Resolución 0631 del 2015, Ed. Bogotá DC: 17 marzo 2015

Ministerio de vivienda, c. y. (2017). Resolución 0330: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS". Gobierno de Colombia

Moreno, German Alonso Guerrero, (2013). Metodología de la Investigación. (2010).

Romero Rojas, J. (s.f.). Tratamiento de Aguas Residuales. Obtenido de Teoría y principios de diseño:

https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas

Romero J. (s.f.). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y Principios, Ed. Alfa Omega: Escuela Colombiana de Ingeniería, enero del 2000

Rosales Escalante, E. (2003). Tecnología en Marcha. Obtenido de Tanques sépticos. Conceptos teóricos: https://es.slideshare.net/frankyja/libro-alumnos?next_slideshow=30601131

Significados. (s.f.). Ciencias. Obtenido de Significado de Infiltración:

<https://www.significados.com/infiltracion/>

Wikipedia. (Abril de 2022). Wikipedia. Obtenido de Calicata:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Calicata>

.

.

.