

**Evaluación de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas
del Centro Agropecuario Sena Regional Cauca**



Tania Shirley Narvárez Delgado

**Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales
Programa de Ingeniería Ambiental Y Sanitaria
2024**

Evaluación de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas del Centro Agropecuario Sena Regional Cauca



Tania Shirley Narvárez Delgado

Trabajo De Grado En Modalidad Pasantía Para Optar Al Título De Ingeniera Ambiental Y Sanitaria

Director

Esp. Juan Pablo Prado

**Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales
Programa de Ingeniería Ambiental Y Sanitaria
2024**

Nota de Aceptación

El asesor y los jurados evaluadores del trabajo de grado titulado “**Evaluación De Dos Sistemas De Tratamiento De Agua Residual En Las Unidades Productivas Del Centro Agropecuario Sena Regional Cauca**” presentado por **Tania Shirley Narváez Delgado**, hacen constar que ha sido evaluado y aprobado por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.



Ing. Juan Pablo Prado

Director



Esp. Arnol Arias Hoyos

Jurado



Ing. Edwin Sierra

Jurado

Popayán, febrero 2024

Dedicatoria

Dios, Familia y Amor.

Agradecimientos

A Dios por estar siempre a mi lado en cada meta que me propongo y acompañarme en cada lucha que me ha dado la vida.

A la Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca por formarme como ingeniera ambiental y sanitaria.

Al Centro Agropecuario Sena, Regional Cauca, por permitirme desarrollar la pasantía.

A mi director, Juan Pablo Prado, infinitas gracias por su compromiso y constante apoyo.

A la ingeniera Makenli Tafurt, por su conocimiento y toda la paciencia del mundo para guíame durante el desarrollo de la pasantía.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	13
Abstract.....	14
Introducción	15
Capítulo I. Problema	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 Justificación.....	18
Capítulo II. Marco Referencial.....	19
2.1 Antecedentes.....	19
2.2 Marco Teórico.....	22
2.3 Marco Legal.....	23
Capítulo III. Metodología	25
3.1 Fase 1. Diagnosticar los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual	25
3.1.1 Actividad 1. Descripción del Área de Estudio	25
3.1.2 Actividad 2. Recolección de Información.....	25
3.1.3 Actividad 3. Reconocimiento y Dimensionamiento de las Estructuras.....	26
3.1.4 Actividad 4. Operación y Mantenimiento de los dos Sistemas de Tratamiento.....	27
3.2 Fase 2. Caracterización Físicoquímica	27
3.2.1 Actividad 1. Determinación de Parámetros Físicoquímicos	27
3.2.2 Actividad 2. Medición del Caudal	28
3.2.3 Actividad 3. Implementación de la Matriz de Impactos Ambientales	28
3.2.4 Actividad 4. Calcular la Eficiencia de Remoción para cada Sistema de Tratamiento.....	30
3.3 Fase 3. Diseñar la Propuesta de Mejoramiento	31
3.3.1 Actividad 1. Rediseñar las Estructuras que no Cumplen con la Normatividad	31
Capítulo IV. Resultados y Análisis.....	11
4.1 Zona de Estudio.....	11
4.2 Recolección de la Información.....	12
4.3 Reconocimiento y Dimensionamiento de Sistemas de Tratamiento de Agua Residual	19
4.3.1 Unidad de Ganadería.....	21
4.3.2 Unidad de Ordeño.....	33
4.3.3 Unidad de Especies Menores	36

4.4 Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual.....	44
4.4.1 Recopilación de Información	44
4.5 Fase 2. Caracterización Fisicoquímica del Vertimiento de Agua Residual.	44
4.5.1 Unidad de Ganadería.....	44
4.5.2 Unidad de Ordeño.....	46
4.5.3 Unidad de Especies Menores.....	47
4.6 Caudal.....	48
4.7 Implementación de la Matriz de Arboleda o EPM	50
4.7.1 Aspectos e Impactos Ambientales Unidad e Ganadería.....	50
4.7.2 Aspectos e Impactos Ambientales Unidad de Ordeño.....	51
4.7.3 Aspectos e Impactos Ambientales de la Unidad Especies Menores.....	52
4.7.4 Evaluación de impacto ambiental de la unidad de ordeño.....	55
4.7.5 Evaluación De Impacto Ambiental De Unidad De Especies Menores.....	56
4.8 Eficiencia de Remoción Para Cada Sistema de Tratamiento y Comparación Técnica con la Resolución 631 del 2015.....	57
4.9 Fase 3. Diseñar la Propuesta de Mejoramiento Para dos Sistemas de Tratamiento	58
4.9.1 Rediseño de las Estructuras que no Cumplen con la Normatividad	58
5 Capitulo V: Conclusiones Y Recomendaciones	65
5.1 Conclusiones.....	65
5.2 Recomendaciones.....	66
Bibliografía.....	67
Anexos.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Marco legal	23
Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos a evaluar	27
Tabla 3 Rangos para la calificación de los criterios utilizados en la metodología EPM	29
Tabla 4 Rango de calificación ambiental.....	30
Tabla 5 Ecuaciones de rediseño tanque séptico.....	31
Tabla 6 Ecuaciones de rediseño FAFA.....	31
Tabla 7 Ecuaciones de rediseño humedal	32
Tabla 8 Sistemas de tratamiento de agua residual	20
Tabla 9 Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de ganadería.....	45
Tabla 10 Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de ordeño.....	46
Tabla 11 Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de especies menores	47
Tabla 12 Promedio de caudal de las unidades de ganadería, ordeño y especies menores	49
Tabla 13 Aspectos e impactos ambientales de la unidad de ganadería.....	50
Tabla 14 Aspectos e impactos ambientales de la unidad de ordeño.....	51
Tabla 15 Aspectos e impactos ambientales de la unidad de especies menores	52
Tabla 16 Matriz de impacto ambiental de la unidad de ganadería	53
Tabla 17 Resultados de la matriz de impacto ambiental de la unidad de ganadería	53
Tabla 18 Matriz de impacto ambiental de la unidad de ordeño	55
Tabla 19 Resultados de la evaluación de impacto ambiental de la unidad de ordeño.....	55
Tabla 20 Matriz de impacto ambiental de la unidad de especies menores.....	56
Tabla 21 Resultados eficiencia de remoción y comparación técnica.....	57

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. tamaño de la muestra.....	26
Ecuación 2. caudal	28
Ecuación 3. calificación de impacto ambiental	29
Ecuación 4. ecuacion de eficiencia de remoción.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Encuesta.....	70
ANEXO B Lista de chequeo unidad de ganadería, ordeño y especies menores	71
ANEXO C Guía del manual de operación y de mantenimiento de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores	73
ANEXO D Caudal de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodología de la encuesta	26
Figura 2 Localización geográfica PTAR Sena	11
Figura 3 ¿En la escala de 1 a 5 que conocimiento tiene sobre las aguas residuales?.....	13
Figura 4 ¿Estás de acuerdo con la siguiente afirmación? “el tratamiento de las aguas residuales es importante para conservar el ciclo del agua y el medio ambiente”.....	13
Figura 5 ¿sabías que las aguas residuales se originan a partir de las actividades diarias del ser humano en los diferentes sectores como domésticos, urbanos, comerciales e industriales?	14
Figura 6 ¿Sabías que la fuente de abastecimiento de los sistemas de tratamiento son los vertimientos de agua residual que se generan en las diferentes actividades de los sectores (¿domésticos, urbanos, comerciales, industriales?	14
Figura 7 ¿sabías que existen diferentes tecnologías eficientes para realizar el tratamiento de las aguas residuales generadas en los diferentes sectores (domésticos, urbanos, comerciales, las industrias y la ganadería)?	15
Figura 8 ¿Sabe usted que las aguas residuales con el debido tratamiento, pueden utilizarse como agua de riego para cultivos, jardines, parques, etc.?	16
Figura 9 ¿Sabías que el sector industrial es uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos en la generación de vertimientos de agua residual?	17
Figura 10 ¿sabe usted que las aguas residuales no tratadas constituyen a riesgos en la salud?	17
Figura 11 ¿Tiene conocimiento de los daños ambientales que causan las aguas residuales sino se tiene control sobre ellas?.....	18
Figura 12 ¿Sabías que las aguas residuales son nocivas debido a los altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos que contienen y que estas terminan en los ríos, lagos, quebradas sin ningún tipo de tratamiento?.....	18
Figura 13 Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento del establo.....	21
Figura 14 Canal de vertimientos de agua residual.....	22
Figura 15 Trampa de solidos.....	23
Figura 16 Cámara de inspección.....	24
Figura 17 Cámara de entrada al tanque de igualación	25
Figura 18 Tanque de igualación	26
Figura 19 Lecho de secado del tanque de igualación.....	27
Figura 20 Cámara de salida, tanque de igualación.....	28
Figura 21 Sistema modular rotoplast.....	29

Figura 22 Cámara de salida, sistema modular	30
Figura 23 Lecho de secado, sistema modular	30
Figura 24 Filtro fitopedológico	31
Figura 25 <i>Cámara de salida, filtro fitopedológico</i>	32
Figura 26 Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento de ordeño	33
Figura 27 Caja de direccionamiento y trampa de sólidos	34
Figura 28 Trampa de grasas	35
Figura 29 Filtro fitopedológico	35
Figura 30 Cámara de salida del filtro fitopedológico	36
Figura 31 Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento de especies menores	37
Figura 32 Cámara de entrada	38
Figura 33 Tanque de igualación	38
Figura 34 Cámara de salida, tanque de igualación.....	39
Figura 35 Lecho de secado, tanque de igualación	40
Figura 36 Sistema modular	41
Figura 37 Cámara de entrada sistema de tratamiento.....	42
Figura 38 Filtro fitopedológico o humedal.....	43
Figura 39 Resultados de la evaluación de impacto ambiental unidad de ganadería.....	54
Figura 40 Importancia del impacto ambiental unidad de ordeño.....	55
Figura 41 Resultados de la evaluación de impacto ambiental unidad de especies menores	56

Resumen

El presente trabajo se realizó en el centro agropecuario SENA regional Cauca ubicado en el municipio de Popayán, tiene como objetivo determinar la eficiencia de remoción de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas, con el fin de evaluar el funcionamiento de cada PTAR. Inicialmente se realizó el diagnóstico a los sistemas de tratamiento donde se utilizó como método de recolección de información la lista de chequeo, el cual se utilizó para relacionar y recopilar los datos relevantes en el reconocimiento y dimensionamiento de las estructuras que conforman los sistemas, además se aplicó una encuesta de percepción de conocimientos sobre las aguas residuales a una muestra de 193 personas donde se evidenció que es necesario implementar estrategias educativas para fortalecer los conocimientos y crear conciencia cuidando al medio ambiente. Como resultado se evidenció que los sistemas de tratamientos tienen bajos niveles de eficiencia de remoción en los parámetros DBO_5 Y DQO y los SST indicaron un porcentaje favorable ya que la caracterización del agua permite evaluar la eficiencia en todos los procesos de tratamiento y asegurarse de que se cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015, finalmente se rediseñaron las estructuras de tanque séptico, fafa y humedal para la unidad de ganadería y trampa de grasas, humedal para la unidad de ordeño ya que fueron los sistemas que no cumplieron con la normatividad vigente.

Palabras Clave: agua residual, sistema de tratamiento, eficiencia de remoción humedal.

Abstract

This work was carried out at the SENA Cauca regional agricultural and livestock center located in the municipality of Popayán, with the objective of determining the removal efficiency of two wastewater treatment systems in the productive units, in order to evaluate the operation of each WWTP. Initially, a diagnosis of the treatment systems was made using a checklist as a method of information collection, which was used to relate and collect relevant data in the recognition and sizing of the structures that make up the systems. In addition, a survey of perception of knowledge about wastewater was applied to a sample of 193 people where it became evident that it is necessary to implement educational strategies to strengthen knowledge and create awareness and care for the environment. As a result it was evidenced that the treatment systems have low levels of removal efficiency in the parameters DBO₅ and DQO and SST indicated a favorable percentage since the characterization of water allows to evaluate the efficiency in all treatment processes and ensure compliance with the maximum permissible limits established in resolution 631 of 2015, Finally, the septic tank, fafa and wetland structures for the livestock unit and the grease trap and wetland for the milking unit were redesigned, since these were the systems that did not comply with current regulations.

Key words: wastewater, treatment system, removal efficiency, wetland.

Introducción

El tratamiento de agua residual son de gran importancia ya que con la implementación de las diferentes tecnologías permitirá que los sistemas de tratamiento funcionen eficientemente siendo estas alternativas viables para minimizar los impactos negativos producidos por los vertimientos, esto no solo altera negativamente el ecosistema, sino que indirectamente a la población con problemas de salud pública, bienestar y carencia del recurso hídrico de excelente calidad.

Los sistemas de tratamiento están diseñados principalmente para resolver problemas ambientales que están relacionados directamente con los vertimientos de agua residual provenientes de las diferentes actividades diarias. La disposición final de los residuos líquidos es proveniente del lavado de los establos de las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores de la granja del centro agropecuario Sena, es de gran importancia que para lograr la eficiencia de remoción de carga organica y prolongar la vida útil de los sistemas de tratamiento se debe ejecutar adecuadamente la aplicación del manual de operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que conforman las plantas de tratamiento de aguas residuales

Considerando lo anterior, se establece que el presente proyecto tiene como objetivo determinar la eficiencia de remoción de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas del centro agropecuario Sena donde inicialmente se hizo el diagnóstico del estado técnico de cada sistema de tratamiento, se realizó la caracterización fisicoquímica del vertimiento de agua residual y finalmente se diseñó la propuesta de mejoramiento para cada sistema de tratamiento.

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de evaluar los sistemas de tratamiento de agua residual, también como la eficiencia de remoción de contaminantes y las alternativas de mejoramiento, además es necesario destacar que la adecuada gestión en cuanto a la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento para tener funcionamiento optimo, eficiente y efectivo sin que se produzcan interrupciones debidas a las fallas de cualquier proceso y operaciones ocasionadas por una deficiente operación y mantenimiento.

Capítulo I. Problema

1.1 Planteamiento del Problema

Colombia es uno de los países con mayor potencial hídrico [1], sin embargo, a medida que crece la población, también hay incremento de las actividades domésticas, industriales, comerciales y agrícolas, las cuales implican mayor consumo de agua, razón por la cual se incrementa el volumen de las aguas residuales originando contaminación de los recursos naturales (suelo, agua, aire).

La contaminación de los recursos naturales, está relacionado directamente con vertimientos de aguas residuales provenientes de diferentes actividades que se desarrollan a diario por parte de la población en los diferentes sectores (doméstico, agropecuario, comercial e industrial), debido a los altos porcentajes de materia orgánica, microorganismos y contaminantes que contienen estos vertimientos, por lo cual son causantes de problemas ambientales y salubridad, cabe resaltar que el inadecuado manejo y disposición final de las aguas residuales conllevan a una pérdida del equilibrio ecológico y dinámico del ambiente [2].

El presente estudio se realizó en el centro agropecuario SENA regional Cauca, cuenta con dos sistemas de tratamiento de agua residual para las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores, una vez que las aguas residuales ingresan a la PTAR continúan su proceso en los tres humedales artificiales y finalmente se procede a hacer a la infiltración en campo. Diariamente se generan descargas de aguas residuales proveniente de actividades cotidianas como lavado de establos (ganadería), lavado del sistema de ordeño y lavado de cocheras (porcicultura), lavado animal, entre otras.

Según las diferentes actividades de limpieza no se tiene en cuenta la presencia de elementos pequeños como jeringas, empaques de medicina, vasos desechables, bolsas plásticas, y que pueden ser transportados por las tuberías hasta llegar a algún componente del sistema y terminar obstruyendo el debido proceso. Además, se evidencia un inadecuado manejo de la operación de los sistemas y del personal que labora en la planta, afectando así su funcionamiento.

Para minimizar esta problemática se propone evaluar los dos sistemas de tratamiento de agua residual y de estos resultados se propondrán las posibles mejoras que permitirán que los sistemas existentes funcionen correctamente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia de remoción de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas en el centro agropecuario SENA regional Cauca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado técnico de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas en el centro agropecuario SENA regional Cauca.
- Caracterizar fisicoquímicamente el vertimiento de agua residual de dos sistemas de tratamiento en las unidades productivas del centro agropecuario SENA regional Cauca.
- Diseñar la propuesta de mejoramiento para dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas en el centro agropecuario SENA regional Cauca.

1.3 Justificación

El crecimiento y desarrollo de la población humana está relacionado con la generación de vertimientos, el 80% del agua residual se vierte al medio ambiente sin un tratamiento adecuado; es por esto que con el aprovechamiento de los mismos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas, se reincorporan al ecosistema y se frenara el uso incontrolado de estos [18].

Es importante mencionar que cada uno de los sistemas de tratamiento de agua residual de las unidades productivas del centro agropecuario SENA están en funcionamiento, pero cuentan con deficiencias como la falta de cobertura vegetal en el humedal y los sistemas no cuentan con el adecuado mantenimiento, estas serían las razones por la cual no operen adecuadamente. Por tal razón se pretende contribuir con la minimización de los impactos negativos que colocan en riesgo la calidad del medio ambiente, de igual manera hay que resaltar que el SENA está comprometido con el cuidado y protección del medio ambiente, por ende, hay que dar cumplimiento a la normatividad vigente en cuanto al buen uso del recurso hídrico y alcanzar los niveles permisibles disminuyendo así el grado de contaminación conforme a los establecido teniendo en cuenta los tratamientos necesarios antes de las descargas de aguas residuales.

Adicionalmente, se resalta la importancia de la realización del proyecto de grado ya que proporcionara aportes positivos al centro agropecuario en cuanto al manejo y disposición final de los vertimientos de agua residual de las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores haciendo estos sean más eficientes, por lo tanto la entidad requiere mejorar los sistemas de tratamiento de agua residual lo cual permitirá cumplir con la normatividad vigente y de esta forma se minimizaran los impactos socio-ambientales, a través de la puesta en marcha del diseño de la propuesta de mejoramiento de los dos sistemas de tratamiento de agua residual.

Con el desarrollo del presente trabajo se busca evaluar la eficiencia de remoción de dos sistemas de tratamiento de agua residual siendo estos una alternativa para la depuración biológica de efluentes de las unidades productivas de ganadería y especies menores, con el fin de alcanzar los niveles permisibles establecidos en la resolución 631 de 2015 y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico que relaciona las plantas de tratamientos de aguas residuales y su funcionamiento. En este sentido la realización del proyecto contribuirá positivamente tanto para el medio ambiente como para el centro agropecuario debido a que aporta un referente para la implementación de nuevos proyectos amigables con el medio ambiente y que estos sean aplicados en diferentes instituciones públicas y privadas.

Capítulo II. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Para la realización de este trabajo se toman como base referencial: trabajos, estudios entre otros y que tienen relación con la evaluación de sistemas tratamientos de agua residual, entre estos se destacan:

En la Institución Educativa Agrícola Guacavía, ubicada en el Municipio de Cumaral Meta (2018) [3].

Allí se llevó a cabo un proceso experimental e investigativo en conjunto con estudiantes y docentes para evaluar la eficiencia del biodigestor tubular anaerobio a escala piloto, operando con diferentes tiempos de retención hidráulica de 5 y 8 días con base en un estudio que expone tiempos de 2, 3 y 6 días obteniendo altas eficiencias de remoción y relaciones de estiércol – agua. De esta manera se diseñaron cinco fases, para analizar los seis experimentos, estableciendo el más eficiente en la depuración de las aguas residuales generadas, proveniente del proceso de cría de cerdos, comparando los parámetros fisicoquímicos con la Resolución 1207 de 2014 y la Resolución 0631 de 2015 y calculando el porcentaje remoción de materia orgánica y diseñando propuestas de optimización del sistema. [3, p. 33]

En la comuna Zapotal, provincia de Santa Elena (2021) [4], se realizó un proyecto de investigación que tuvo como objetivo analizar los métodos para el manejo de efluentes porcinos colocando énfasis en la aplicación de tiempos de aireación y la participación de microorganismos activos, esta propuesta busca optimizar la evaluación de los sistemas de tratamientos del efluente, con la finalidad de concretar una alternativa para los efluentes derivados de una granja porcina en la comuna Zapotal provincia de Santa Elena.

Se realizaron primeros ensayos evaluados en tiempos de aireación en horas (8,12,16 y 20) y diferentes dosificaciones de microorganismos activos (2%, 4%, 6%) del cual se obtuvo un mejor resultado al disminuir los parámetros físico químicos donde destaca el tratamiento de 20 horas de aireación y mayor porcentaje de microorganismos al 6%, al obtener estos resultados se realizó un segundo ensayo considerando tiempos de aireación evaluados en días (6, 12, 21) y considerando como variable constante el 6% de microorganismos activos, de manera que se concluyó que a mayor porcentaje de los

mismos y los tiempos de aireación evaluados en días permitieron reducir las concentraciones de los parámetros físico químico y microbiológico que presentan los efluentes. [4, p. vi]

El estudio realizado en la Subasta Santa Clara, Sahagún Córdoba, Colombia (2020) [5], En este estudio se diseñó un sistema de reutilización para las aguas residuales del lavado de bovinos y corrales, con el fin de usarlas en el lavado de las instalaciones, a partir de una caracterización fisicoquímica inicial de estas aguas, con una influencia de 700 reses en la Subasta Santa Clara. A partir del análisis realizado y mediante una revisión bibliográfica, se diseñó el sistema de reutilización a emplear, integrado por un tanque séptico, sedimentador, filtro anaerobio de flujo ascendente y filtro lento de arena; se determinó la eficiencia de remoción de este sistema por medio de la construcción de una planta piloto, a escala 1:100. Los datos obtenidos durante la puesta en marcha de la planta piloto arrojaron eficiencias de remoción máximas del 83.2%, 91.7%, 99.4% y 93.4% respectivamente para DBO₅, DQO, sólidos suspendidos y turbiedad, concluyendo que el sistema diseñado puede implementarse para la reutilización de las aguas residuales del lavado de bovinos y corrales y su posterior uso para el lavado de las instalaciones. [5, p. 66]

Se realizó un estudio en una finca ganadera del departamento de Córdoba (Colombia), situada en zona rural del Municipio de Montería, (2019) [6] tiene como objetivo encontrar las condiciones óptimas de operación de un sistema de fotocatalisis heterogénea para el tratamiento de aguas residuales provenientes del baño de ganado; para esto se especificaron dos niveles de pH (5,0 y 7,0) y dos niveles de concentración de (0,4 y 0,6 g/L). En cada sistema de tratamiento recircularon 40 L del agua residual provenientes de un colector parabólico compuestos durante 240 minutos.

La eficiencia del sistema de tratamiento y la cinética de degradación se establecieron en términos de la demanda química de oxígeno (DQO). Las remociones de DQO en los tratamientos fueron mayores al 50 %. Por lo tanto, resulta ser un tratamiento viable para la remoción de contaminantes de tipo orgánico en efluentes afectados por el desarrollo de actividades ganaderas que se realizan en la finca ganadera. [6, p.115]

La presente investigación se realizó en una finca del Municipio de Une Cundinamarca (2019) [7] tiene como finalidad analizar los parámetros físicos del agua residual resultado de la producción lechera de una finca que se ha dedicado a las actividades agrícolas y pecuarias por más 70 años, con el objetivo de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales y así contribuir a un proceso más sostenible con el Medio Ambiente.

Para el desarrollo del proyecto de inicio con la caracterización del lugar de estudio, el proceso de ordeño diario y la problemática que motiva el presente estudio, las pruebas físico-químicas están en relación con el pH, la DQO, la DBO₅, ST, SS, SST, Grasas y Aceites.

De acuerdo a los parámetros estudiados se puede observar que la DQO y la DBO₅ tiene unos valores promedio de 1897 mg/L y 2415 mg/L, lo cual superan el límite admisible de la Resolución 0631 de 2015, los valores de SST varían en un rango de 315 a 3111 mg/L, con promedio de 1525 mg/L sobrepasando el límite admisible de 150 mg/L, e indicando una cantidad elevada de materia suspendida. Los parámetros de referencia para el diseño del tratamiento de las aguas residuales, son la DQO, la DBO₅, los SST, superan la norma para vertimiento y, por tanto, la PTAR, en promedio debe proveer remociones del 90% en DBO₅, SST. Ante esta situación se plantea una posible solución y es el desarrollo de una propuesta que consiste en un diseño conceptual de un tanque séptico con filtro anaerobio seguido de un lecho filtrante como medio de aplicación al suelo del agua residual tratada, ya que este sistema si cumple la normativa de la resolución 1207 de 2014 y de la resolución 0631 de 2015, siendo estos como medio de aplicación del agua residual tratada al suelo, como reusó del recurso. [7, p. 14]

El estudio se realizó en la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, Colombia (2019) [8], se diseñó y construyó un humedal artificial FV francés para el tratamiento de las aguas residuales del proyecto porcino de UFPSO, empelando la especie *Typha Latifolia* (Totora), como planta fitorremediadora que junto con el Biofilms (Vida Microbiana), realizan el proceso de descontaminación de dichas aguas residuales.

El sistema piloto consta de un tanque de 160 L que es llenado cuatro veces a medida que se están dosificando las aguas residuales al sistema, logrando un volumen total de agua residual de 675 L que está diseñado con un filtro de 0,57 M² en la primera y segunda etapa del sistema, recreando un humedal subsuperficial que contiene gravas de diferentes granulometrías. Se trabajaron dos tiempos de retención en todo el sistema (7 días y 10,5 días) y los medios granulares de los filtros del sistema. Se estudiaron antes y después del tratamiento para establecer los porcentajes de remoción en cada parámetro. En el mejor de los casos con un tiempo de retención de 10,5 días se obtuvo una remoción de 98,43% para la DQO, DBO₅ del 90 %, y para SST del 99%; para un tiempo de retención de 7 días en todo el sistema se obtuvo una remoción para la DQO de 91,02%, 76,09% para DBO₅ y 90% para los SST. Los resultados muestran que el sistema francés para tratar aguas residuales porcinas con un tiempo de 10,5 días es una alternativa potencial para descontaminar las aguas, ya que el sistema se comparó con otros sistemas de

tratamiento donde su eficiencia fue superior. Por tal razón, esta tecnología podría ser usada en el sector porcícola, pero también podría ser implementado en otros sectores para reducir las concentraciones de los contaminantes. [8, p. 67]

En el presente estudio se planteó evaluar dos tipos de especies fitodegradadores de aguas residuales en la avícola Don Luis, y la granja porcina artesanal “Sierra Azul”(2021) [9].

la metodología que se usó fue una caracterización de parámetros físicos-químicos y microbiológicos, luego se establecieron 6 tratamientos, a los que se les monitoreó el crecimiento de las raíces y de los tallos, posteriormente se realizó el análisis de los parámetros, para después realizar los cálculos de porcentajes de remoción para clasificar los tratamientos más eficientes. Es así como se obtuvo los resultados en el monitoreo que el 50% de la vegetación del tratamiento 2, y de la repetición 4 del tratamiento 5 presentaron anomalías en las hojas de la vegetación las primeras semanas. Al culminar los ensayos se identificó que el tratamiento 5 presentó la remoción más alta de las aguas residuales porcícolas y el tratamiento 6 fue el más eficiente en las aguas residuales avícolas. Se pudo concluir que no se cumplieron con los límites máximos permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 097 anexo 1 en los parámetros de nitrógeno total (T1 al T6), fósforo total (T1) y coliformes fecales (T1, T3 y T5). [9, p.7]

2.2 Marco Teórico

La generación de aguas residuales son producto de las diferentes actividades que realiza el ser humano, a raíz de esto se han convertido en uno de los mayores problemas ambientales y por ende las consecuencias a corto, mediano y largo plazo amenazan con la calidad del medio ambiente y con el bienestar de la población [10]. La calidad del agua en Colombia se encuentra en un estado extremo de deterioro debido principalmente a la contaminación del agua, suelo y aire a causa de las aguas residuales e industriales sin un previo tratamiento.

El tratamiento de las aguas residuales en Colombia se ha convertido en un impacto evidente que se ha maximizado por el crecimiento de la población, la falta de tratamiento está afectando las fuentes hídricas que pueden ser útiles para el consumo humano; actualmente existen 562 sistemas de tratamiento instalados en los diferentes municipios del país, además de estima que solo el 10% de los sistemas construidos tienen un adecuado funcionamiento [11], sin embargo, los vertimientos que no tienen tratamiento alguno se vierten sin ningún control directamente al ecosistema, teniendo así como consecuencia un déficit en cuanto a la eficiencia y aplicación en las plantas de tratamiento de aguas residuales, sumado a esto, la mayoría no

presentan planificación en cuanto al crecimiento poblacional; por lo que, en el transcurso del tiempo, se vuelven obsoletas.

La conciencia y cultura es parte fundamental para el cuidado y protección del medio ambiente, partiendo del daño que causa el ser humano al no tener un control sobre los vertimientos de aguas residuales que se producen en diferentes actividades como agrícolas, domesticas entre otras; es importante recalcar que un adecuado tratamiento de las aguas residuales tiene grandes beneficios como de uso agrícola para riego de algunos cultivos o jardines, uso industrial, uso recreativo y recarga de acuíferos [12], además la recuperación de los recursos de las aguas residuales representan un gran beneficio financiero y económico que contribuirán positivamente a la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento. Por lo anterior, se evidencia la necesidad de evaluar dos sistemas de tratamiento de agua residual industrial, así como la eficiencia de remoción de contaminantes y las alternativas de mejoramiento.

2.3 Marco Legal

Para el desarrollo del presente proyecto es indispensable realizar la revisión de la normatividad colombiana vigente. A continuación, se hace el resumen de las leyes, decretos y resoluciones relacionadas con el manejo del recurso hídrico.

Tabla 1

Marco legal

Título De La Norma	Entidad Emisora	Descripción
Resolución 631 De 2015	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones [13]
Ras 2000 Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico	Ministerio de Desarrollo Económico	por la cual se dicta para el tratamiento de las aguas residuales [14].
Resolución 799 del 2021	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio	Por la cual se modifica el reglamento técnico de agua y saneamiento RAS [25]
Resolución 330 del 2021	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio	Por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS [25]

LEY 99/1993	Ley General Ambiental De Colombia	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 renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones [15].
Ley 9 De 1979 Código Sanitario Nacional	El Congreso De Colombia	por el cual se dictan medidas sanitarias y de la protección del medio ambiente [16].
Decreto 1594 De 1984	El presidente De La República De Colombia	Reglamenta los usos del agua y residuos líquidos, definió las normas de vertimiento y los estándares de calidad de agua con los que las autoridades ambientales deben administrar el recurso para preservar su calidad [17].

Capítulo III. Metodología

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en el proyecto de grado, se trazó un plan de trabajo dividido en tres fases fundamentales para la Evaluación de dos sistemas de tratamiento de agua residual en las unidades productivas en el centro agropecuario SENA regional Cauca.

3.1 Fase 1. Diagnosticar los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual

3.1.1 Actividad 1. Descripción del Área de Estudio

El centro agropecuario SENA, se encuentra ubicado en la zona norte del Municipio de Popayán, departamento del Cauca, limita con la calle 74N de la vía que conduce a la penitenciaria San Isidro con la zona de retiro de la penitenciaria, la vía panamericana con la calle 71N, la calle 73BN, vía que conecta al barrio villa del norte. se ubica en las coordenadas geográficas 2°28'56" Norte y 76°33'44,2" Este.

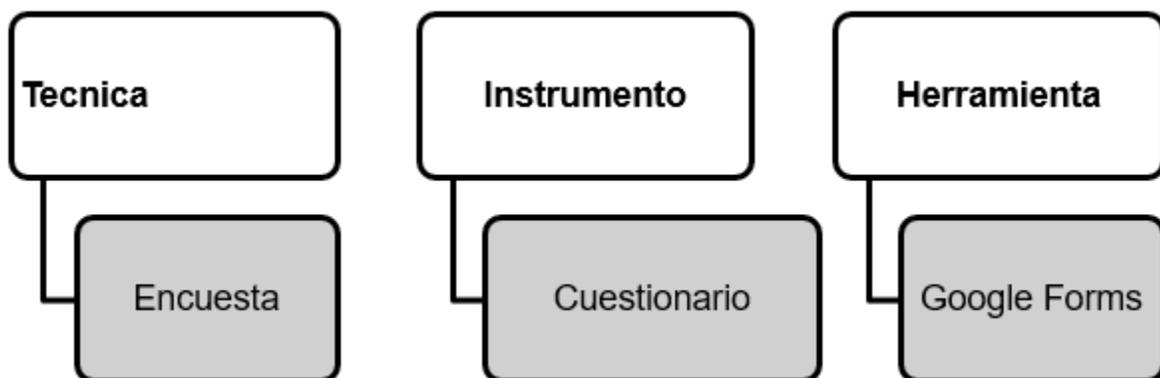
3.1.2 Actividad 2. Recolección de Información

Esta actividad se realizó a través de la aplicación de técnicas de recolección de información mediante los siguientes instrumentos de investigación:

Encuesta: La encuesta está constituida por preguntas dicotómica y de selección múltiple; con el fin de obtener información técnica necesaria para conocer las necesidades y la problemática del centro agropecuario, con respecto a la unidad productiva de ganadería, ordeño y especies menores de acuerdo a la estructura, descripción y el dimensionamiento de cada componente, para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos por la encuesta se utilizará el programa de cálculo Excel, el análisis de los datos es de tipo descriptivo, donde se analizarán cada una de las preguntas y posteriormente se representarán gráficamente exponiendo los resultados de la encuesta e identificando los hechos más importantes que presentan la población objeto de estudio [19]. En el anexo se puede observar el diseño de la encuesta a aplicar.

Para obtener la información. A continuación, se describe la metodología

Figura 1
Metodología de la encuesta



La población objeto del proyecto estuvo conformada por instructores, trabajadores y aprendices del centro agropecuario (la granja). El muestreo para el desarrollo de la encuesta se realizó de la siguiente manera: el total de la población estará conformada por número de personas (instructores, trabajadores y aprendices del centro agropecuario), para calcular el tamaño de la muestra se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 1. tamaño de la muestra

$$n = \frac{NZ^2P(1 - P)}{(N - 1)e^2 + Z^2P(1 - P)}$$

Dónde: n= número de encuestas; N= población; Z= desviación estándar, nivel de complejidad del 95% que equivale a 1.96; P= proporción de 0.5; E= 0.05

3.1.3 Actividad 3. Reconocimiento y Dimensionamiento de las Estructuras

Mediante la lista de chequeo se describirán cada uno de los sistemas de tratamiento para cada unidad productiva de ganadería, ordeño y especies menores de acuerdo a la estructura, descripción y el dimensionamiento de cada componente. Luego de realizar el reconocimiento y dimensionamiento de los componentes de cada sistema de tratamiento se verificará el cumplimiento de la Resolución 799 del 2021, por la cual se modifica el Reglamento técnico de agua y saneamiento (RAS) Tratamiento de aguas residuales (diseño y comportamiento hidráulico de las estructuras) y Resolución 631 de 2015 (vertimientos).

3.1.4 Actividad 4. Operación y Mantenimiento de los dos Sistemas de Tratamiento

Se realizó la revisión del manual de operación y mantenimiento de cada sistema de tratamiento de agua residual, donde se describe como se hace el mantenimiento, tiempos de operación y limpieza de cada componente con el fin de mejorar el proceso y actualizarlo de acuerdo a las mejoras. Para cada sistema se elaborará una ficha de mantenimiento, tiempos de operación y limpieza.

3.2 Fase 2. Caracterización Físicoquímica

3.2.1 Actividad 1. Determinación de Parámetros Físicoquímicos

Los parámetros físicoquímicos que se determinaron para analizar el agua residual de la unidad de ganadería, unidad de ordeño y unidad de especies menores se describen en la tabla 2, se seleccionaron en total 3 muestras y se realizaron en la entrada y salida de cada sistema de tratamiento, teniendo así 6 muestras por cada PTAR y por cada punto de muestreo, obteniendo así un total de 18 muestras.

Los parámetros a evaluar se toman de acuerdo a la resolución 631 de 2015 “por lo cual se establecen los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillados públicos y se dictan otras disposiciones” [13], con el fin de determinar el porcentaje de remoción de carga contaminante.

El análisis de las muestras de agua residual tomados en campo, se realizarán en el laboratorio de la corporación universitaria Autónoma del Cauca, previa rotulación, georreferenciación de los puntos de muestreo y embalaje. El muestreo se hará conforme a lo establecido en el protocolo de aguas del IDEAM, se transportarán dentro de una nevera de icopor con bolsas de gel congeladas para garantizar la conservación de la muestra a una temperatura de hasta 4C°.

Tabla 2

Parámetros físicoquímicos a evaluar

Parámetros Físicoquímicos	Unidades	Método
pH	Unidades de pH	Probador multiparamétrico
Temperatura	°C	
DBO ₅	mg/l	Método respirométrico
DQO	mg/l	Método fotómetro
SST	mg/l	Método estándar

3.2.2 Actividad 2. Medición del Caudal

Aforo del caudal: Se realizó con el método volumétrico, para este procedimiento se utilizó un cronómetro y un recipiente graduado. Los aforos se realizaron en la jornada de la mañana en el horario de 6:40 am a 8:00 am que es donde se presenta mayor caudal.

Procedimiento: Consiste en recolectar el volumen de la muestra y medir el tiempo transcurrido entre el comienzo de la recolección y el retiro del recipiente, la relación de estas dos medidas permite determinar el caudal. El procedimiento anterior se repite 5 veces con el fin de tener diversas mediciones para corregir errores aleatorios y obtener un caudal promedio que nos indique la precisión del resultado.

El caudal se determinará mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2. caudal

$$Q = \frac{v}{t} \left(l/s \right)$$

Dónde: Q = Caudal, l/s; v = Volumen, l; t = Tiempo, s [20].

3.2.3 Actividad 3. Implementación de la Matriz de Impactos Ambientales

Matriz de arboleda: para la evaluación cuantitativa de los impactos ambientales se aplicará el método de arboleda (1997) como herramienta básica. El resultado de los parámetros permitió la obtención de un parámetro llamado calificación ambiental (Ca) el cual permitirá alcanzar una evaluación real de los impactos ambientales del área de estudio [21].

Se identificarán las diferentes actividades que se desarrollan en cada unidad productiva y que generan impactos ambientales en el centro agropecuario Sena, y se procederá a hacer la evaluación individual de las actividades para cada parámetro estudiado y se evaluarán mediante los siguientes criterios:

Parámetros de evaluación: cada impacto se debe evaluar con base en los siguientes criterios:

- Clase (c): sentido del cambio ambiental producido. Puede ser positiva o negativa.
- Presencia (p): probabilidad (posibilidad) de que pueda darse el impacto.
- Duración (d): periodo de existencia activa del impacto.

- Evolución (e): velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia hasta que se manifiesta con todas sus consecuencias.
- Magnitud (m): Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad.

A continuación, se presenta un resumen de los rangos que se aplicarán para la calificación de los criterios utilizados en la matriz arboleda.

Tabla 3

Rangos para la calificación de los criterios utilizados en la metodología EPM

PRESENCIA	DURACIÓN	EVOLUCIÓN	MAGNITUD	PUNTAJE
Cierta	Muy larga o permanente (>10 años)	Muy rápida (< 1mes)	Muy alta (Mr > a 80%) 1.0	1.0
Muy probable	Larga (>7 y <10 años)	Rápida (>1 y <12 meses)	Alta (> 60% y < 80%)	0.7 < 0.99
Probable	Media (> 1 y < 4 años)	Media (> 12 y < 18 meses)	Media (> 40 % y < 60 %)	0.4<0.69
Poco probable	Corta (> 1 y < 4 año)	Lenta (> 18 meses y < 24meses)	Baja (> 20 % y < 40%)	0.2<0.39
No probable	Muy corta (< 1 año)	Muy lenta (> 24 meses)	Muy baja (< 19%)	0.01<0.19

Fuente: elaboración propia

La calificación ambiental del impacto: la calificación ambiental (Ca) es la expresión con la cual se calificó el impacto ambiental y representa la gravedad o importancia de la afectación que este está causando.

Ecuación 3.calificación de impacto ambiental

$$Ca = C (P [a \times EM + b \times D])$$

Dónde: Ca = calificación ambiental, C = clase, P = presencia, E = evolución, M = magnitud, D = duración, Constantes de ponderación: a = 7.0 y b = 3.0

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de Ca será mayor que cero y menor o igual que 1,0. El valor numérico que arroja la ecuación se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto asignándole unos rangos de calificación de acuerdo con los resultados numéricos obtenidos, de la siguiente manera:

Tabla 4
Rango de calificación ambiental

Calificación Ambiental (Ca)	Importancia Del Impacto Ambiental
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
>2.5 y ≤ 5.0	Moderadamente significativo o moderado
>5.0 y ≤ 7.5	Significativo o relevante
>7.5	Muy significativo o grave

Fuente: Adaptado de Método EPM o método arboleda

Teniendo en cuenta la cuantificación de cada impacto se procedió a realizar una medida de manejo con el fin de crear medidas dirigidas a la prevención, control, mitigación, protección, recuperación o compensación de los impactos generados.

3.2.4 Actividad 4. Calcular la Eficiencia de Remoción para cada Sistema de Tratamiento

Se realizará un análisis fisicoquímico de las aguas en la entrada y salida del sistema. Las muestras serán trasladadas al laboratorio para el análisis y el muestreo se hará conforme a lo establecido en el protocolo de aguas del IDEAM, se transportarán dentro de una nevera de icopor con bolsas de gel congeladas para garantizar la conservación de la muestra a una temperatura de hasta 4C°.

Con el fin de determinar los porcentajes de remoción de carga contaminante para cada uno de los parámetros se calculará la eficiencia del sistema empleando la siguiente ecuación:

Ecuación 4. ecuacion de eficiencia de remoción

$$\% \text{ Remoción} = \left[\frac{(C_i - C_f)}{C_i} \right] * 100$$

Dónde: Ci: concentración inicial, mg/l; Cf: concentración final, mg/l

3.3 Fase 3. Diseñar la Propuesta de Mejoramiento

3.3.1 Actividad 1. Rediseñar las Estructuras que no Cumplen con la Normatividad

De acuerdo con los resultados obtenidos es necesario que los sistemas de tratamiento de agua residual cumplan con los límites permisibles expuestos en la resolución 631 del 2015, por tal razón importante aplicar las ecuaciones de rediseño que se indican en la tabla 5.

Tabla 5

Ecuaciones de rediseño tanque séptico

TANQUE SÉPTICO	ECUACIONES
Carga contaminante	$CC\ DBO5 = Q * CC$ Dónde: Q= caudal m ³ /día; CC concentración de DBO ₅
zona de sedimentación	$Volumen = Q * TRH$
Volumen	$TRH = 1,5 - 0,3(\log(Q))$
zona de digestión	$td = 1853(temp)^{-1,25}$
tiempo de digestión	
volumen de lodos	se adopta una tasa de lodos de 0,5 $v = r * n * a$ Donde r: tasa de producción de lodos (0,5l/animal*día, n: tiempo, a: animales
zona de almacenamiento	se adopta una tasa de 0,06 para la producción de lodos
volumen de lodo	$\# \frac{animales}{año} * 4 años * 0,06$
espumas y natas	$volumen\ lodo * 0,4$

Tabla 6

Ecuaciones de rediseño FAFA

FAFA	ECUACIONES
tiempo de retención hidráulico	$TRH = \sqrt[n]{\frac{sk}{(1 - \frac{eficiencia}{100})}}$
volumen	$= \frac{Q * TRH}{Porosidad}$
sistema	$t\ sep + FAFA$

Tabla 7
Ecuaciones de rediseño humedal

HUMEDAL	ECUACIONES
área superficial para eliminar dbos	$As = \frac{Q * Ln\left(\frac{ce}{co}\right)}{-k * y * n}$ <p>q= caudal m³/día k= proporción de la constante de temperatura del agua residual, t= 20°C y= profundidad promedio del agua en el filtro n= porosidad de la estructura (plantas) = 0,35</p>
K20°C	$K_{20^{\circ}C} = 0,12 * 1,06^{T^{\circ}C - 20}$
ancho	$ancho = \sqrt{\frac{As}{R l/a}}$
largo	$largo = ancho * 5$

Capítulo IV. Resultados y Análisis

En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación de los sistemas de tratamiento de agua residual de la unidad de ganadería, ordeño y de especies menores de acuerdo con los objetivos específicos planteados de este proyecto, se obtienen los siguientes resultados.

4.1 Zona de Estudio

El centro agropecuario SENA, se encuentra ubicado en la zona norte del Municipio de Popayán, departamento del Cauca, limita con la calle 74N de la vía que conduce a la penitenciaría San Isidro con la zona de retiro de la penitenciaría, la vía panamericana con la calle 71N, la calle 73BN, vía que conecta al barrio villa del norte. se ubica en las coordenadas geográficas 2°28'56" Norte y 76°33'44,2" Este.

Figura 2

Localización geográfica PTAR Sena



Fuente: Google Earth (26 de abril del 2023)

El centro agropecuario cuenta con sistemas de tratamiento de agua residual que tratan los vertimientos provenientes de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores, cada unidad cuenta con un sistema de tratamiento individual donde se llevan a cabo diferentes actividades diarias como: limpieza de establos, limpieza del ganado, limpieza del sistema de ordeño y manejo de animales como atención veterinaria, alimentación entre otros. La unidad de

ganadería y ordeño cuentan con 17 animales, de los cuales se ordeñan 8 vacas, la unidad de especies menores cuenta con 7 hembras reproductoras y 20 cerdos de levante y ceba.

4.2 Recolección de la Información

Para la recolección de información se utilizó la siguiente metodología:

Encuesta: el proyecto va dirigido a la comunidad del centro agropecuario Sena, teniendo en cuenta que es la zona de estudio y está conformada por 380 personas como aprendices, instructores y personal de trabajo, a continuación, se describe la metodología aplicada:

- Paso 1: realizar el formulario

Como herramienta se utilizó la aplicación de Google forms, donde se diseñó el formulario con 10 preguntas de percepción sobre las aguas residuales. En el anexo A se evidencia el diseño de la encuesta.

- Paso 2: determinar la población

Para la determinación de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2P(1-P)}{(N-1)e^2 + Z^2P(1-P)}$$

$$n = \frac{(380)(1.96)^2 0.5(1-0.5)}{(380-1)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5(1-0.5))}$$

$$n = 192$$

- Paso 3: envío de encuesta

La encuesta se compartió con la líder ambiental del centro agropecuario y se envió vía WhatsApp, además para que el diligenciamiento del formulario tuviera resultados positivos se realizó el acompañamiento a cada una de las personas encuestadas y de esta forma obtener resultados satisfactorios.

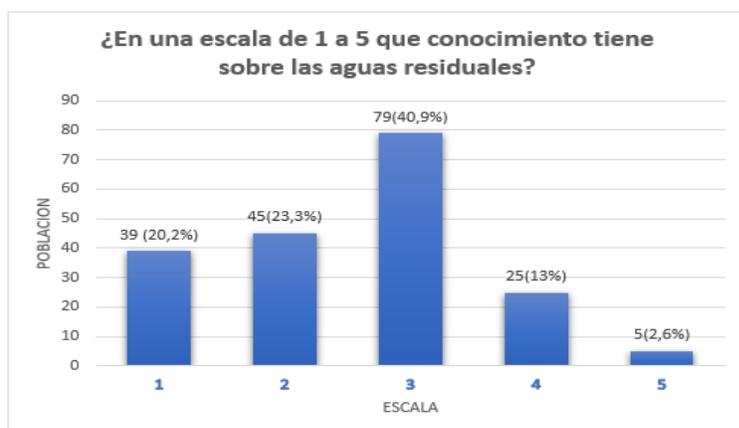
- Paso 4: recepción de información

Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas realizadas a 193 personas de la comunidad Sena, se expresan de la siguiente manera:

Relacionamiento de las preguntas 1 y 5

Figura 3

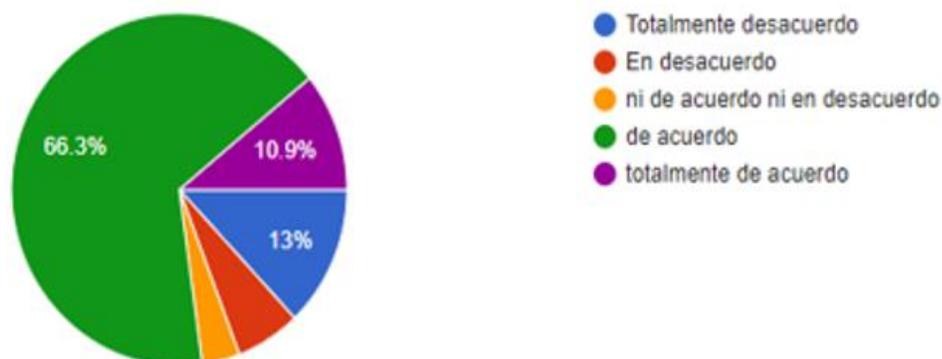
¿En la escala de 1 a 5 que conocimiento tiene sobre las aguas residuales?



LEYENDA	
ESCALA	RESPUESTA
1	Totalmente en desacuerdo
2	en desacuerdo
3	ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	de acuerdo
5	totalmente de acuerdo

Figura 4

¿Estás de acuerdo con la siguiente afirmación? “el tratamiento de las aguas residuales es importante para conservar el ciclo del agua y el medio ambiente”.



Analisis

De acuerdo a los anteriores resultados se observa que en la pregunta 1, El 20,2% equivalen a totalmente en desacuerdo, el 23,3% equivale a en desacuerdo y el 40,9% están ni de acuerdo ni en desacuerdo, donde los encuestados manifestaron no tener conocimiento sobre las aguas residuales, algunos estaban confusos y otros no mostraron interés en responder la encuesta, el 13% y el 6,2% de los aprendices respondieron que si sabían sobre las aguas residuales y de todos los problemas ambientales que estas generan sino se tratan adecuadamente, los porcentajes de la pregunta 5, los porcentajes de 13% corresponde a

totalmente desacuerdo, el 6,2% equivale a desacuerdo y el 3,6% corresponde a ni de acuerdo ni en desacuerdo ya que lo relacionado con el tratamiento de las aguas residuales no es importante, debido a la falta de interés por obtener conocimientos nuevos sobre las tecnologías eficientes para tratamientos de agua residual, los porcentajes de 66,3% están de acuerdo y 10,9% totalmente de acuerdo están totalmente de acuerdo que es de gran importancia implementar las diferentes tecnologías que son utilizadas para realizar el tratamiento de los vertimientos de agua residual ya que de esta forma contribuyen al cuidado y protección del medio ambiente y además de los beneficios que estos traen como la utilización del agua para riego, procesos industriales, entre otros y de esta manera aportar significativamente al medio ambiente.

- Relacionamiento de preguntas 2 y 4

Figura 5

¿sabías que las aguas residuales se originan a partir de las actividades diarias del ser humano en los diferentes sectores como domésticos, urbanos, comerciales e industriales?

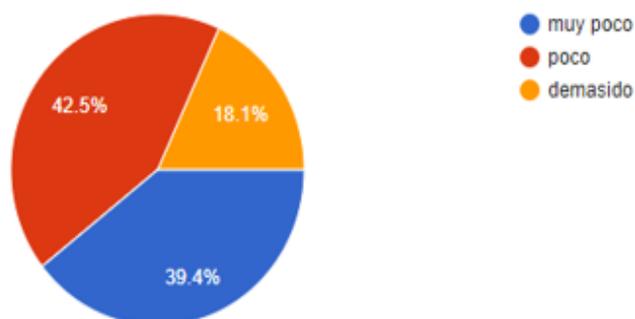
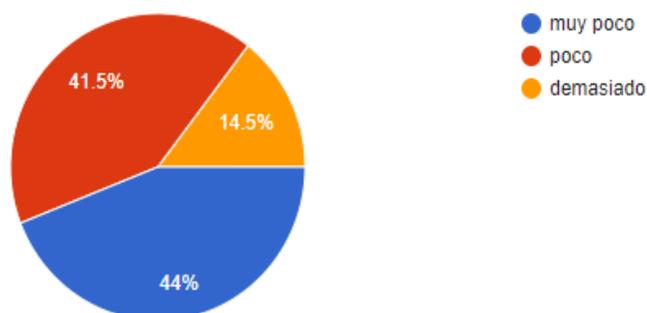


Figura 6

¿Sabías que la fuente de abastecimiento de los sistemas de tratamiento son los

vertimientos de agua residual que se generan en las diferentes actividades de los sectores (¿domésticos, urbanos, comerciales, industriales?)



Analisis

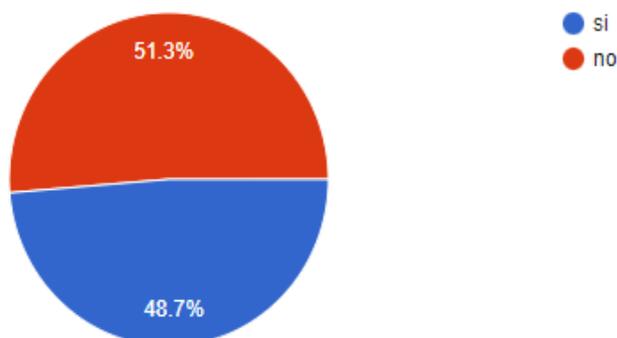
La pregunta 2 y 4 tienen un porcentaje de 18,1% y 14,5% que corresponden a que si saben que las aguas residuales se originan de los diferentes sectores como domesticos, urbanos, comerciales, industriales y que estos vertimientos son la fuente de abastecimiento para los tratamientos de agua residual. Estos vertimientos son recolectados y transportados a las plantas de tratamiento donde se llevan a cabo los diferentes procesos para eliminar contaminantes y reducir los niveles de microorganismos a niveles seguros y de esta forma poderlos liberar al medio ambiente y proteger la salud humana. Los porcentajes equivalentes a 42,5%, 39,4% y 44%, 41,5% corresponde a que saben muy poco sobre como se originan las aguas residuales y cuales son las fuentes de abastecimiento de los sistemas de tratamiento, esto demuestra la falta de interes y conocimiento por parte de los aprendices por preservar el medio ambiente y es preocupante la desinformacion y falta de compromiso hacia la importancia de cuidar nuestro entorno. Los porcentajes mencionados indican que una gran parte de la comunidad tienen un conocimiento muy limitado sobre como se originan y cuales son las fuentes de abastecimiento de las aguas residuales. Es fundamental promover la educacion ambiental y fomentar el interes por comprender como nuestras acciones afectan al entorno, para asi promover comportamientos mas responsables.

- Relacionamiento pregunta 3 y 9

Figura 7

¿sabías que existen diferentes tecnologías eficientes para realizar el tratamiento de las

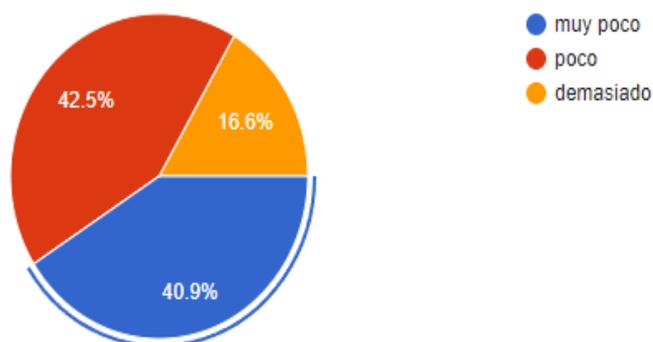
aguas residuales generadas en los diferentes sectores (domésticos, urbanos, comerciales, las industrias y la ganadería)?



Fuente: elaboración propia

Figura 8

¿Sabe usted que las aguas residuales con el debido tratamiento, pueden utilizarse como agua de riego para cultivos, jardines, parques, etc.?



Fuente: elaboración propia

Análisis

Los porcentajes 48,7% y 16,9% corresponden a las preguntas 3 y 9, donde indican saber que existen diversas tecnologías eficientes para realizar el tratamiento de las aguas residuales generadas en diferentes sectores, además es de gran importancia ya que ayudan con la protección del medio ambiente, ayudan a prevenir la propagación de enfermedades ya que el agua residual puede contener microorganismos nocivos para la salud, permiten la conservación de los recursos naturales mediante la reutilización del agua residual ya tratada. Las aguas residuales que son tratadas pueden ser utilizadas para riego de cultivos, jardines, parques y otros usos no potables. El agua tratada se puede utilizar para riego después de pasar por un proceso de tratamiento que elimina los contaminantes y reduce los niveles de microorganismos a niveles

seguros y es una forma sostenible de utilizar los recursos hídricos disponibles. Además, la reutilización de aguas residuales puede ayudar a reducir la demanda de agua dulce y a proteger los recursos hídricos naturales [22]. Los porcentajes 51,3%, 40,9% y 42,5% indican no saber sobre las aguas residuales en cuanto a las tecnologías eficientes para su adecuado tratamiento y de los riesgos que pueden causar en la salud humana, esto refleja la falta de conocimiento sobre el tema y de todas las consecuencias que esto genera para el medio ambiente.

- Relacionamiento pregunta 6 y 8

Figura 9

¿Sabías que el sector industrial es uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos en la generación de vertimientos de agua residual?

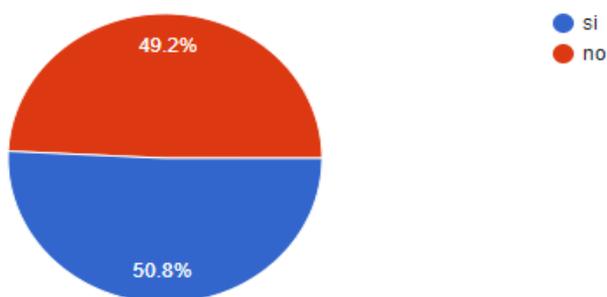
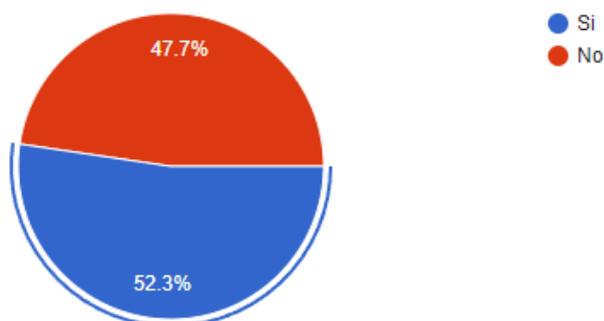


Figura 10

¿sabe usted que las aguas residuales no tratadas constituyen a riesgos en la salud?



Análisis

Los porcentajes 50,8% y 52,3% corresponden a las preguntas 6 y 8, donde responden que, si saben que el sector industrial es uno de los mayores generadores de vertimientos de agua residual y, por lo tanto, uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos. Los vertimientos pueden tener consecuencias negativas en los recursos naturales como contaminación del agua, aire y suelo, además presentan riesgos en la salud humana ya que

pueden estar expuestos a sustancias tóxicas presentes en los recursos naturales. Las aguas residuales industriales pueden contener una variedad de sustancias químicas tóxicas, como metales pesados, productos químicos orgánicos y otros contaminantes que pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente si no se tratan adecuadamente. Por esta razón, es importante que las industrias implementen sistemas de tratamiento de aguas residuales adecuados para minimizar su impacto ambiental [23]. Los porcentajes 49,2% y 47,7% indican que no tener conocimiento sobre el adecuado tratamiento de las aguas residuales y que además constituyen a grandes riesgos en la salud humana y para el medio ambiente.

- Relacionamiento de preguntas 7 y 10

Figura 11

¿Tiene conocimiento de los daños ambientales que causan las aguas residuales sino se tiene control sobre ellas?

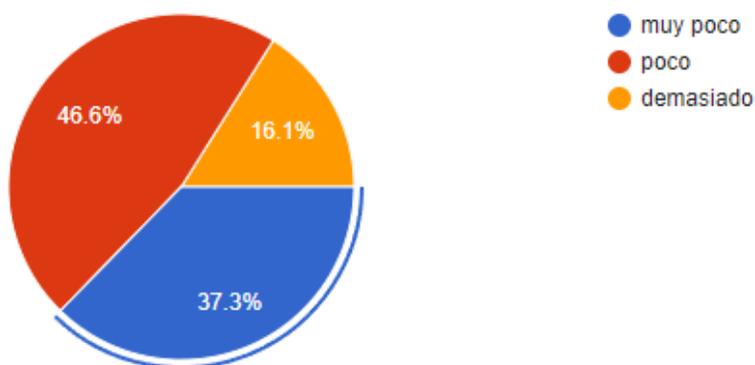
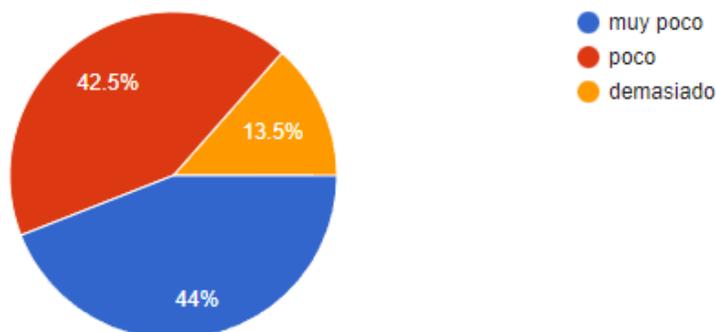


Figura 12

¿Sabías que las aguas residuales son nocivas debido a los altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos que contienen y que estas terminan en los ríos, lagos, quebradas sin ningún tipo de tratamiento?



Análisis

Los porcentajes 16,1% y 13,5% corresponde a las preguntas 7 y 10 donde los estudiantes manifiestan que tienen conocimiento de que las aguas residuales pueden causar grandes daños ambientales como contaminar los ríos, lagos, dañar los ecosistemas acuáticos, contaminación al suelo, entre otros, por lo tanto, es importante tratar adecuadamente las aguas residuales antes de liberarlas al medio ambiente con el fin de minimizar su impacto en el medio ambiente y proteger la salud humana [24]. Los porcentajes equivalentes a 46.6%, 37,3% y 42,5%, 44% indican que es necesario reforzar los conocimientos sobre de los problemas ambientales que generan los vertimientos de agua residual a través de jornadas educativas, como charlas en cada ambiente de estudio, donde se expliquen los conceptos de agua residual y la importancia de realizar el tratamiento del agua residual y su disposición final.

4.3 Reconocimiento y Dimensionamiento de los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual

Con la aplicación de la lista de chequeo (anexo B) se realizó la revisión de las instalaciones e infraestructuras, operación y mantenimiento de cada planta de tratamiento de agua residual, al finalizar la inspección se identificó que cada unidad productiva cumple con la resolución 799 del 2021 de acuerdo con la localización, parámetros de diseño y operación - mantenimiento de cada planta. Se observó que en cada planta de tratamiento hay fallas de mantenimiento en cuanto a limpieza de cada componente (interno y externo), falta organización del material de trabajo, la señalización de cada planta esta para renovarla y el técnico operario no utiliza todos los elementos de protección personal como tapabocas y guantes. Como se menciona anteriormente son actividades que se pueden mejorar y de esta forma hacer que los sistemas sean más eficientes.

Tabla 8*Sistemas de tratamiento de agua residual*



Filtro fitopedológico-unidad de ordeño

Filtro fitopedológico unidad especies
menores

Filtro fitopedológico unidad ganadería

Técnico operativo sin elementos de
protección personal como guantes y
tapabocas.

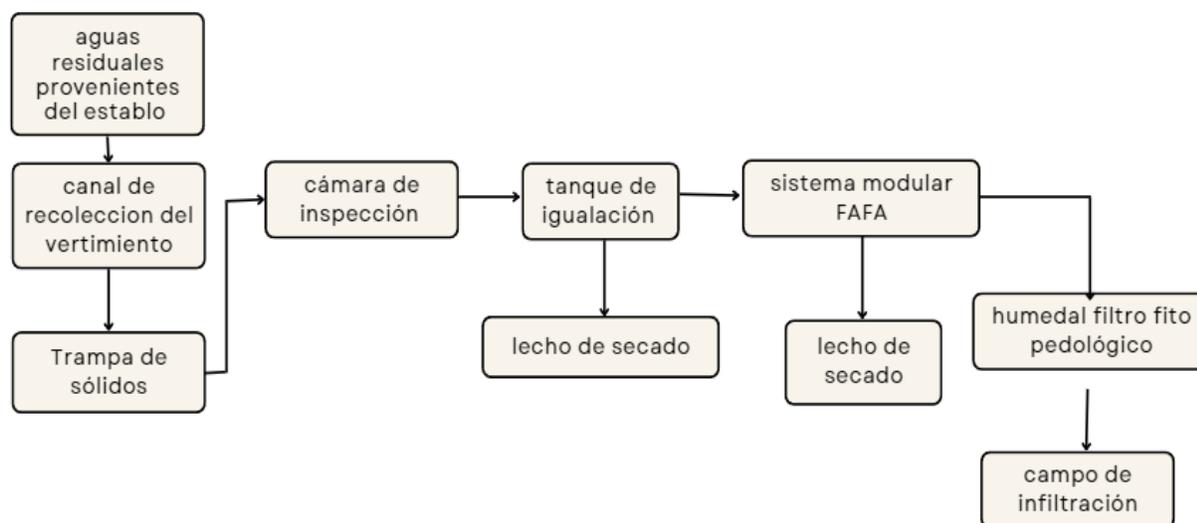
Luego de hacer la revisión de las plantas de tratamiento de agua residual, se procedió a hacer el reconocimiento y dimensionamiento de cada una de ellas.

4.3.1 Unidad de Ganadería

El sistema de tratamiento de la unidad de ganadería está conformado por los componentes que se describen en el gráfico 13. El tratamiento de agua residual del establo inicia con el transporte del líquido mediante la canaleta, la cual recibe el flujo del agua al final de la placa de concreto y del área de conductos del agua lluvia, el flujo es dirigido a la trampa de sólidos (tratamiento preliminar), el cual tiene como función disminuir la velocidad del flujo y mejorar la recolección de los sólidos grandes como (hojas, ramas, bolsas) y proceder a retirarlos de forma manual con el fin de evitar obstrucciones. Posteriormente el flujo de agua es dirigido al tanque de igualación u homogenización siendo esta una estructura que tiene dos funciones, una es separar sólidos presentes en la corriente y la segunda función es hacer la homogenización del vertimiento para continuar con el proceso.

Figura 13

Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento del establo



Continuando con el tratamiento, el flujo de agua residual llega al sistema modular de marca rotoplast que tiene una capacidad de 15.000 litros, consta de un tanque séptico, donde el agua permanece como mínimo 24 horas con el fin de efectuar los procesos bioquímicos y físicos, y un FAFA que es un filtro anaerobio de flujo ascendente que funciona como tratamiento primario y secundario, el cual lleva material filtrante de plástico (rosetón), proceso en el cual el agua que sale del tanque séptico entra al filtro por el fondo (flujo ascendente) a través del lecho filtrante el cual se cubre con un manto biológico que degrada la materia orgánica dejando el agua en condiciones de ser utilizada para riego.

Finalmente, el agua tratada llega a un humedal de flujo subsuperficial o filtro fito pedológico siendo este un sistema integrado en los que hay interacción permanente entre el

agua, plantas, microorganismos, con el fin de terminar la digestión biológica y efectuar la remoción de excesos del agua proveniente del FAFA, el sistema de agua residual termina con el postratamiento donde el agua luego de pasar por todos los tratamientos ya mencionados anteriormente está conduce al campo de infiltración que consiste en una trinchera superficial y además esta rellena por un medio poroso (grava), y se tiene el campo de infiltración para el riego de los pastos de corte. Además, cuenta con el lecho de Secado donde los residuos procedentes del estiércol de los animales y otros residuos sólidos que resultan del proceso de tratamiento se estabilización con cal para su posterior disposición.

Componentes

- Canaleta de salida de establo

La canaleta recibe el flujo de agua final de la placa de concreto y del área de los conductos expuestas a la lluvia en donde se hace el proceso de lavado después de cada ciclo de ordeño, limpieza del establo (heces, pastos, material orgánico); en este canal se encuentran cuatro estructuras que permiten la sedimentación de las heces fecales para su posterior separación y tratamiento.

Figura 14

Canal de vertimientos de agua residual



Parámetro	Dimensiones	Estado
Ancho mínimo	0,5m	bueno
altura	0,4 m	
longitud	14 m	
pendiente	2%	

La limpieza regular del canal es esencial para garantizar el flujo adecuado y prevenir obstrucciones que puedan afectar el funcionamiento del sistema de tratamiento, los lodos retirados del canal son transportados por el técnico operario y son dispuestos en el lecho de secado y se estabilizan con cal para evitar la proliferación de vectores y olores ofensivos se observó que el operario no cumple con el uso de los elementos de protección personal adecuados como guantes y tapabocas con el fin de minimizar su exposición a contaminantes presentes en los lodos.

- Trampa de solidos Del Establo

La trampa de solidos es una estructura del pre tratamiento del sistema y cabe resaltar que en el proceso se interceptaran y removerán la mayoría de solidos grandes evitando que estos entren al sistema y obstaculicen las siguientes etapas del tratamiento. El sistema está diseñado cerca de la canaleta del establo que recibe el flujo de agua final de la placa de concreto y del área de conductos del agua lluvia, esto con el fin de disminuir la velocidad del agua y mejorar la recolección de los sólidos gruesos para hacer su posterior retiro.

La separación de los sólidos retenidos en la trampa de solidos se hace por medio de un adaptador de limpieza con rosca de 4 pulgadas, el cual está ubicado en la cajilla adyacente a la trampa.

Figura 15
Trampa de solidos



Parámetro	Dimensiones	Estado
Ancho	1,18m	
Longitud	1,18 m	
Área	0,00211m ²	
Altura de lamina	0,00421m	Bueno
Perímetro mojado	0,50842 m	
Radio hidráulico	0,00414 m	

La remoción de los sólidos en la reja se está cumpliendo de acuerdo a la guía de operación y mantenimiento, además los lodos se disponen y se estabilizan con cal viva para controlar la proliferación de vectores y olores en el lecho de secado y de esta forma los residuos no deseados entren al sistema y puedan obstruir las tuberías.

- Cámara de inspección

La cámara permite inspeccionar la cantidad de flujo de agua residual

Figura 16
Cámara de inspección



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	92 cm	Bueno
ancho	60 cm	
longitud	60 cm	

- Cámara entrada tanque de igualación

La cámara se ubica a la entrada del tanque de igualación, lo que permite facilidad para hacer mediciones de caudal, toma de muestra e inspección de cantidad de flujo de agua residual.

Figura 17
Cámara de entrada al tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	98 cm	Bueno
ancho	61 cm	
longitud	61 cm	

- Tanque De Igualación u homogenización

Para el diseño del tanque de igualación se estimó el caudal generado durante cada ciclo de lavado tomando como medida máxima de tiempo 45 minutos, también se examinaron condiciones que incrementarían el caudal de diseño como son las aguas procedentes de la precipitación atmosférica.

El tanque de igualación, se encuentran una "T" en material PVC y un canal que hace las veces de cernidor que transporta el líquido y además el tanque está dividido por una rejilla que retiene material orgánico.

Figura 18
Tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Q diseño	0.00032 m ³ /seg	
Q periodo de lluvia	0.0000723 m ³ /seg	
Profundidad	1,24 m	Bueno
ancho	1,98 m	
longitud	2,97 m	
Volumen total	2,96 m ³	

Las actividades de limpieza del tanque de igualación se cumplen de acuerdo a la guía de operación y mantenimiento donde se realiza limpieza de la 'T' y los lodos retirados son transportados y dispuestos en el lecho de secado y se estabilizan con cal.

- Lecho De Secado de lodos del Tanque De Igualación

El sólido que se retira del tanque de igualación y de la "T" se disponen y se estabilizan con cal para evitar la proliferación de vectores y evitar malos olores en el lecho de secado.

Figura 19
Lecho de secado del tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	65 cm	
ancho	3,0 m	
longitud	2,0 m	
Borde libre	0,50 – 0,90 cm	
Altura de lodos	0,32 m	
Altura de medios de drenaje	0,50 m	Bueno
Altura del ladrillo	0,15 m	
Tubería de drenaje principal	4.0 pulg	
Tubería de drenaje secundario cada 2.5 m	4.0 pulg	
Altura total	1,27 m	

- Cámara salida tanque de igualación

Se ubica a la salida del tanque de igualación y se utiliza para el control del operario de los sistemas de tratamiento y para la toma de muestras.

Figura 20
Cámara de salida, tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	75 cm	
ancho	47 cm	
longitud	47 cm	Bueno

- Sistema modular Rotoplast

El sistema modular cuenta con 6 módulos: 3 módulos funcionan como tanque séptico, donde el agua permanece como mínimo 24 horas con el fin de efectuar los procesos bioquímicos y físicos, y el filtro anaerobio de flujo ascendente el cual lleva material filtrante de plástico (rosetón), proceso en el cual el agua que sale del tanque séptico entra al filtro por el fondo (flujo ascendente) a través del lecho filtrante el cual se cubre con un manto biológico que degrada la materia orgánica dejando el agua en condiciones de ser utilizada para riego.

Figura 21
Sistema modular rotoplast



Parámetro	Dimensiones	Estado
capacidad	15.000 L	
A	7.9	
B	1.9	
C	1.45	
Nro. de módulos	6	
Tanque séptico	10.000	
Filtro anaerobio	5.000	Bueno
Rosetón FAFA	1.800	
ManHole (mm)	0,5 mm	

Las actividades del sistema modular FAFA se están cumpliendo de acuerdo a la guía de operación y mantenimiento, además se extraen natas del sistema modular, sedimentador y se disponen en el lecho de secado y se estabilizan con cal, importante seguir las recomendaciones establecidas para garantizar que el sistema funcione adecuadamente y se logre una eficiente eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual.

- Cámara de salida del sistema modular

Se ubica a la salida del sistema modular FAFA, para el control e inspección por parte de las autoridades ambientales y del operador de los PTAR.

Figura 22
Cámara de salida, sistema modular



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	43 cm	
ancho	63 cm	Bueno
longitud	63 cm	

- Lecho de secado sistema modular

El sólido que se retira del tanque del FAFA se dispone y se estabilizan con cal para evitar la proliferación de vectores y evitar los malos olores en el lecho de secado.

Figura 23
Lecho de secado, sistema modular



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	1,35 m	
ancho	2,50 m	Bueno
longitud	3,32 m	

- Filtro Fito pedológico o humedal de flujo sub superficial

El filtro Fito pedológico de flujo sub superficial se ubica al final de todo el sistema de tratamiento, siendo este un sistema integrado en los que hay una interacción permanente entre aguas, plantas, microorganismos, suelo y clima con el fin de determinar la digestión biológica y efectuar la remoción del agua proveniente del FAFA y luego de hacer todo el proceso el agua llega a un campo de infiltración.

Figura 24
Filtro fitopedologico



Parámetro	Dimensiones	Estado
Ancho	2,15 m	
Longitud	4,31 m	
vegetación	papiro	
Profundidad lecho	0,62 m	
Diámetro partícula	0,001 mm	
Proporción L-A	2:1	
Prof. prom agua filtro	0,5 m	
Porosidad estructura	0,35	
Gradiente hidráulico	0,159 d/L	Regular
Área transversal	1,40 m ²	
Conductividad hidráulica	15 m ³ /m ² /día	
Tiempo de retención	0,7 días	

De acuerdo con las actividades descritas en la guía de operación y mantenimiento, la actividad de limpieza no se cumple ya que se observan arvenses y papiro seco sobrante que deben ser retirados del humedal y de esta forma hacer que el sistema de tratamiento funcione correctamente.

- Cámara de salida sistema de tratamiento

La cámara de salida permite el fácil acceso para la toma de muestras, medición de caudal y además actividades de inspección que realiza el operario de los sistemas de tratamiento.

Figura 25

Cámara de salida, filtro fitopedológico



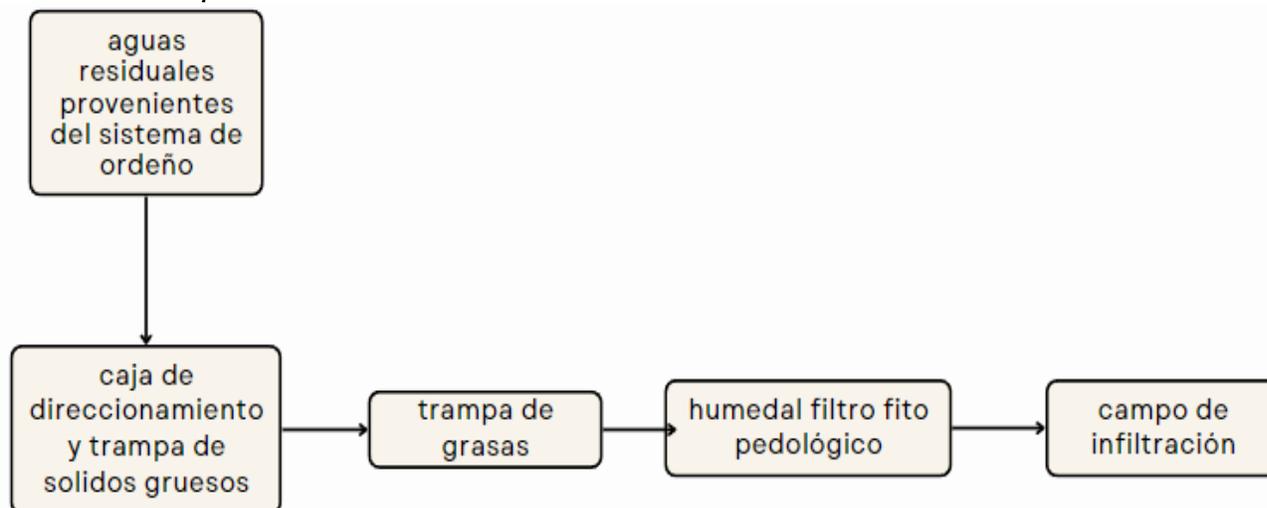
Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	78 cm	
ancho	51 cm	Bueno
longitud	51 cm	

4.3.2 Unidad de Ordeño

El sistema de ordeño inicia con el transporte del flujo de agua residual mediante la tubería de recolección de los vertimientos que son resultado del lavado del sistema de ordeño mecánico, llega a una caja de direccionamiento y una trampa de solidos donde tienen como fin evitar la presencia de solidos como bolsas pequeñas, envolturas de dulces, y otros solidos que afecten la distribución del agua residual, continua el tratamiento con la trampa de grasa cuya función es separar los residuos sólidos y las grasas del agua residual, todas las grasas y los sólidos sedimentados removidos de forma manual se llevan al lecho de secado para ser estabilizados y su posterior disposición, seguidamente se encuentra el humedal o filtro fito pedológico donde el sistema integrado realiza todo su proceso biológico y se finaliza con el campo de infiltración que consiste en una trinchera superficial y además esta rellena por un medio poroso (grava), y finalmente se tiene el campo de infiltración.

Figura 26

Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento de ordeño



Fuente: elaboración propia

Componentes

- Caja de direccionamiento y trampa de sólidos gruesos

La trampa de solidos es una estructura del pre tratamiento del sistema y cabe resaltar que en el proceso se interceptaran y removerán la mayoría de residuos sólidos tales como bolsas plásticas, jeringas, envolturas de dulces, entre otros y de esta manera evitar que estos residuos entren al sistema y obstaculicen las siguientes etapas del tratamiento.

El sistema está conectado a la tubería de recolección de los vertimientos del lavado del sistema de ordeño mecánico.

Figura 27

Caja de direccionamiento y trampa de solidos



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	51 cm	
ancho	80 cm	Bueno
longitud	67 cm	

La remoción de los sólidos de la trampa de solidos grandes se está cumpliendo de acuerdo a la guía de operación y mantenimiento, además los residuos se disponen y se estabilizan con cal viva para controlar la proliferación de vectores y olores en el lecho de secado y de esta forma los residuos no deseados entren al sistema y puedan obstruir las tuberías.

- Trampa de grasas

Para la remoción de grasas y espumas producto de los residuos de leche y jabones utilizados en el proceso de desinfección de equipos y materiales.

Figura 28
Trampa de grasas



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	1,07 m	
ancho	51 cm	
longitud	70 cm	

Las actividades de limpieza de la trampa de grasas cumplen con lo propuesto en la guía de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento. La nata de la rampa de grasa es retirada y se dispone en el lecho de secado y se estabilizan con cal viva para controlar la proliferación de vectores y olores en el lecho de secado y de esta forma los residuos no deseados entren al sistema y puedan obstruir las tuberías.

- Filtro fito pedológico o humedal

Es el encargado de remover la carga orgánica que está presente en el agua residual.

Figura 29
Filtro fitopedológico



Parámetro	Dimensiones	Estado
ancho	2,51 m	Regular
longitud	2,51 m	

De acuerdo a las actividades descritas en la guía de operación y mantenimiento no se cumplen ya que se observan arvenses y papiro seco sobrante que deben ser retirados del humedal y de esta forma hacer que el sistema de tratamiento funcione correctamente.

- Cámara de salida sistema de tratamiento

La cámara de salida permite el fácil acceso para la toma de muestras, medición de caudal y además actividades de inspección que realiza el operario de los sistemas de tratamiento.

Figura 30
Cámara de salida del filtro fitopedológico

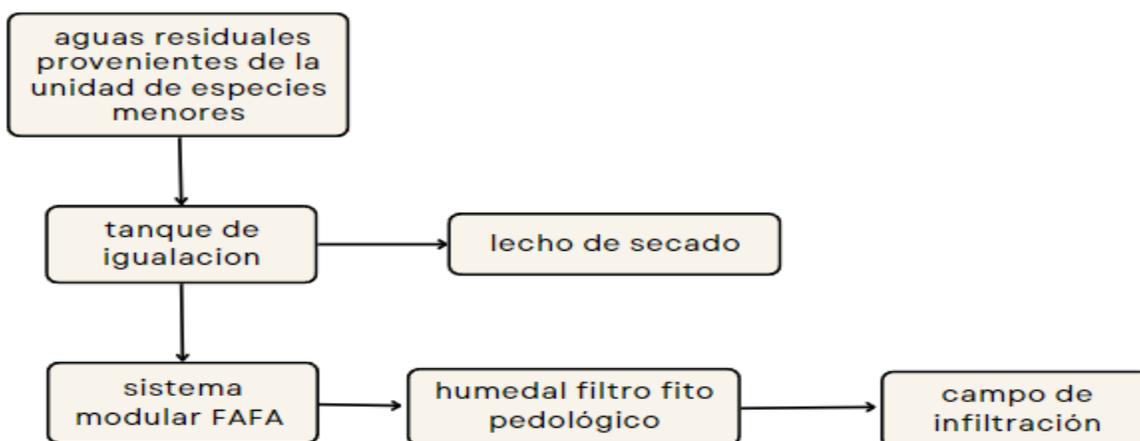


Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	51 cm	
ancho	50 cm	Bueno
longitud	50 cm	

4.3.3 Unidad de Especies Menores

El sistema de tratamiento comprende los vertimientos generados en la unidad de especies menores. Para el tratamiento de los vertimientos se cuenta con un tratamiento preliminar que comprende la ubicación de rejillas en la salida del vertimiento de cada unidad productiva antes de integrarse al sistema de conducción que se hace por tuberías y cajas de direccionamiento para llegar al sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento se describe a continuación:

Figura 31
Esquema de funcionamiento del sistema de tratamiento de especies menores



Fuente: elaboración propia

El vertimiento de agua residual es transportado por una tubería de 6 pulgadas, en esta se transporta el vertimiento del lavado de la orina y de algunos sobrantes de las heces fecales de las cocheras de los cerdos y de las jaulas de los conejos y cuyes, el vertimiento llega al tanque de igualación que tiene como función separar sólidos presentes en la corriente y homogenizar el vertimiento para continuar con el proceso de tratamiento, cuenta con el lecho de Secado donde los residuos procedentes del estiércol de los animales y otros residuos sólidos que resultan del proceso de tratamiento se estabilizan con cal para su posterior disposición, continua con el sistema modular rotoplast que tiene una capacidad de 12.500L, consta de un tanque séptico y un FAFA como tratamiento primario y secundario del vertimiento, seguido del humedal de flujo subsuperficial: esta estructura complementa el tratamiento para la disminución de la carga orgánica y como último está el campo de infiltración que consiste en una trinchera superficial y además esta rellena por un medio poroso (grava), y se finaliza con el campo de infiltración.

Componentes

- Cámara de entrada

La cámara de entrada permite el fácil acceso para la toma de muestras, medición de caudal y además actividades de inspección que realiza el operario a los sistemas de tratamiento.

Figura 32
Cámara de entrada



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	51 cm	
ancho	50 cm	Bueno
longitud	50 cm	

- Tanque de igualación

El tanque de igualación, se encuentran una “T” en material PVC y un canal que hace las veces de cernidor que transporta el líquido y además el tanque está dividido por una rejilla que retiene material orgánico.

Figura 33
Tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Caudal diseño porcino	0.0005692 m ³ /seg	
Caudal diseño conejera	0.0004274 m ³ /seg	Bueno
Volumen total	3,58 m ³	
Profundidad	1,28 m	
ancho	4 m	
longitud	3,98 m	

Las actividades descritas en la guía de operación y mantenimiento cumplen y es importante seguir las recomendaciones establecidas para garantizar que el tanque de igualación funcione adecuadamente y se logre una eficiente homogenización del agua residual.

- Cámara de salida tanque de igualación

La cámara de salida permite el fácil acceso para la toma de muestras, medición de caudal y además actividades de inspección que realiza el operario a los sistemas de tratamiento.

Figura 34
Cámara de salida, tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	93 cm	
ancho	61 cm	Bueno
longitud	61 cm	

- Lecho secado tanque igualación

Los lodos que se retiran del tanque de igualación y del FAFA se dispone y se estabilizan con cal viva para evitar la proliferación de vectores y evitar os malos olores en el lecho de secado.

Figura 35
Lecho de secado, tanque de igualación



Parámetro	Dimensiones	Estado
Ancho del lecho de secado B	1.00 m	
Longitud de cada lecho de secado	2.00 m	
Altura de lodos	0.149 m	
Altura de medios de drenaje	0.50 m	
Altura de lodos BL = 0,30 m	0.159 m	
	0.30 m	Bueno
Altura total	0.127 m	

- Sistema modular

El sistema modular tiene una capacidad de 12.500 l, además cuenta con 6 módulos: 3 módulos funcionan como tanque séptico, donde el agua permanece como mínimo 24 horas con

el fin de efectuar los procesos bioquímicos y físicos, y el filtro anaerobio de flujo ascendente el cual lleva material filtrante de plástico (rosetón), proceso en el cual el agua que sale del tanque séptico entra al filtro por el fondo (flujo ascendente) a través del lecho filtrante el cual se cubre con un manto biológico que degrada la materia orgánica dejando el agua en condiciones de ser utilizada para riego.

Figura 36
Sistema modular



Parámetro	Dimensiones	Estado
Capacidad	12.500 L	
Nro. De módulos	5	
A	6.6	Bueno
B	1.9	
C	1.45	
Tanque séptico	7.500	

Las actividades del sistema modular FAFA se están cumpliendo de acuerdo a la guía de operación y mantenimiento, además se extraen natas y espumas del sistema modular, sedimentador y se disponen en el lecho de secado y se estabilizan con cal, importante seguir las recomendaciones establecidas para garantizar que el sistema funcione adecuadamente y se logre una eficiente eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual.

- Cámara de entrada sistema de tratamiento

La cámara de entrada permite el fácil acceso para la toma de muestras, medición de caudal y además actividades de inspección que realiza el operario a los sistemas de tratamiento.

Figura 37

Cámara de entrada sistema de tratamiento



Parámetro	Dimensiones	Estado
Profundidad	1,20 m	
ancho	40 cm	Bueno
longitud	1,90 m	

- Filtro Fito pedológico

Los humedales de flujo sub superficial son sistemas integrados en los que hay una interacción permanente entre agua, plantas, microorganismos, suelo y clima, con el fin de terminar la digestión biológica y efectuar una remoción de excesos del agua proveniente de F.A.F.A.

Figura 38
Filtro fitopedológico o humedal



Parámetro	Dimensiones	Estado
ancho	2,1 m	
longitud	3,0 m	
Tiempo retención	0,43 días	
Volumen útil	3,978 m ³	
Profundidad lecho	0,6 m	Bueno
Diámetro partícula	0,001 mm	
Proporción L-w	01:02	
Prof. Prom agua en el filtro	0,5 m	
Porosidad de la estructura	0,35	
Conductividad hidráulica	15 m ³ /m ² /día	

Las actividades descritas en la guía de operación y mantenimiento se cumplen y de esta forma lograr que el sistema de tratamiento funcione correctamente.

4.4 Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual

4.4.1 Recopilación de Información

De acuerdo con la recopilación de la información del manual de operación, se procede a diseñar la guía de operación y mantenimiento (Anexo C) en donde se identifican los procesos que hacen posible el funcionamiento óptimo, eficiente y efectivo de la planta sin que se produzcan interrupciones debidas a las fallas de cualquiera de los elementos procesos u operaciones ocasionado por una deficiente operación y mantenimiento. Es importante que para lograr la eficiencia de remoción y prolongar la vida útil, se realice un apropiado tratamiento de los vertimientos, haciéndose imprescindible ejecutar una buena operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales, esto solo será posible en la medida en que se cuente con personal capacitado y la adecuada utilización de la guía de operación y mantenimiento. En el anexo B se describe el diseño de la guía de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento y está destinado al responsable y a los operarios, como documento técnico y además como una guía para la capacitación y actualización de las PTAR.

4.5 Fase 2. Caracterización Físicoquímica del Vertimiento de Agua Residual.

Los parámetros físicoquímicos se determinaron de acuerdo a la resolución 631 de 2015, donde se evaluaron los parámetros pH, temperatura, DBO₅, DQO y SST. El muestreo del agua residual se aplicó en las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores, para el muestreo se realizó a la entrada y salida de cada PTAR. Los análisis de las muestras se analizaron en el laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Los resultados obtenidos en la medición de los parámetros de agua residual se describen a continuación:

4.5.1 Unidad de Ganadería

A continuación, en la tabla 9 se describen resultados obtenidos en la caracterización físicoquímica.

Tabla 9*Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de ganadería*

PTAR UNIDAD DE GANADERIA										
Parámetros fisicoquímicos										
N.º	DBO5		DQO mg/l		SST mg/l		pH		Tº	
	Prueba	mg/l		E	S	E	S	E	S	E
1	162	145	1198	761	634	68	6,7	5,7	20	20
2	174	160	1150	734	671	89	6,5	5,9	19	19
3	158	140	1215	771	648	76	6,8	5,7	20	20
Promedio	165	148	1188	755	651	78	7	6	20	20

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) tiene una concentración promedio en la entrada de 165 mg/l y de 148 mg/l a la salida del sistema de tratamiento se obtiene un porcentaje de remoción de 10,5%. Los resultados describen el comportamiento de la DBO₅ en la planta de tratamiento teniendo en cuenta que cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 250 mg/l. De acuerdo a los resultados permiten evaluar que la eficiencia de remoción es muy baja debido a que el agua residual contiene una alta concentración de materia orgánica, la presencia de sustancias químicas como los detergentes que se emplean para el lavado de la placa de concreto del establo pueden inhibir la actividad de los microorganismos y de esta forma reducir la eficiencia de remoción.

La demanda química de oxígeno (DQO) tiene una concentración promedio en la entrada de 1188 mg/l y 755 mg/l a la salida del sistema, se obtiene un porcentaje de remoción de 36,5%. Los resultados describen el comportamiento de la DQO en la planta de tratamiento teniendo en cuenta que no cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 500 mg/l. Los resultados indican la ineficiencia del sistema de tratamiento de agua residual ya que cuenta con poca vegetación (papiro), el sistema contiene arvenses y además está colmatado, la aplicación de los detergentes químicos para la limpieza de los establos es incorrecta y además no se realiza un adecuado mantenimiento al sistema de tratamiento, lo que indica que no se está aplicando la guía de operación y mantenimiento.

La cantidad de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sistema de tratamiento de agua residual donde se logra eliminar aproximadamente el 89,3%, presentes en el agua. Al ingresar al sistema, la concentración promedio es de 651 mg/l mientras que al salir

del sistema es de 78 mg/l, esta diferencia en la concentración indica la eficacia del sistema en la remoción de los sólidos suspendidos totales, por lo cual cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 20125 al tener un valor máximo de 150 mg/l.

El pH tiene un valor a la entrada de 7 y 6 unidades de pH a la salida del sistema, lo que indicando que el agua residual es neutra, por lo cual los valores cumplen con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 9,00 unidades de pH.

La temperatura registro un valor promedio a la entrada y salida del sistema de 20°C del tratamiento de agua residual proveniente de la unidad de ganadería – establo.

4.5.2 Unidad de Ordeño

Tabla 10

Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de ordeño.

PTAR UNIDAD DE ORDEÑO										
Parámetros fisicoquímicos										
N.º	DBO5 mg/l		DQO mg/l		SST mg/l		pH		Tº	
Prueba	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
1	60	51	1436	792	1150	48	6,8	6,5	19	19
2	73	58	1365	723	1230	71	6,9	6,3	19	19
3	64	53	1412	769	1193	60	6,8	6,0	20	20
Promedio	66	54	1404	761	1191	60	7	6	20	20

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅), tiene una concentración promedio en la entrada de 66 mg/l y de 54 mg/l a la salida del sistema de tratamiento. se obtiene un porcentaje de remoción de 15%. Los resultados describen el comportamiento de la DBO₅ en la planta de tratamiento teniendo en cuenta que cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 250 mg/l. De acuerdo a los resultados permiten evidenciar que la eficiencia de remoción es baja, se observó que el humedal no tiene la suficiente vegetación ya que las raíces de los papiros absorben los contaminantes que están presentes en el agua residual y esto hace que el sistema no esté funcionando correctamente.

La demanda química de oxígeno (DQO) tiene una concentración promedio en la entrada de 1404 mg/l y 761 mg/l a la salida del sistema, se obtiene un porcentaje de remoción de 44,8%. las posibles razones se deben a la incorrecta aplicación de los diferentes detergentes químicos

que se utilizan para hacer la rutina de limpieza y desinfección de todo el sistema de ordeño, no se realiza un adecuado mantenimiento al sistema de tratamiento ya que el humedal no tiene suficiente vegetación ya que hay ausencia de papiros y la vegetación existente es de arvenses. De acuerdo con los resultados obtenidos si cumplen con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 500 mg/l.

Los sólidos suspendidos totales (SST) tienen una concentración promedio a la entrada de 1191 mg/l y 60 mg/l salida del sistema, teniendo así un porcentaje de remoción del sistema de tratamiento donde se logra eliminar aproximadamente el 95,8% presente en el agua, por lo cual cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 20125 al tener un valor máximo de 150 mg/l.

El pH obtuvo un valor a la entrada del sistema de 7 unidades de pH y 6 unidades de pH a la salida del sistema, lo cual indica que el agua residual de la salida de la PTAR cuenta con valores neutros.

La temperatura registro un valor promedio a la entrada y salida del sistema de 19°C del tratamiento de agua residual proveniente de la unidad de ganadería – ordeño.

4.5.3 Unidad de Especies Menores.

Tabla 11

Resultados parámetros fisicoquímicos de la unidad de especies menores

PTAR UNIDAD DE ESPECIES MENORES											
Parámetros fisicoquímicos											
Nº	DBO5 mg/l		DQO mg/l		SST mg/l		pH		Tº		
	Prueba	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
	1	40	28	983	737	24	8	7,8	6,5	19,3	19,3
	2	55	36	969	715	37	17	7,5	6,3	19,5	19,5
	3	31	23	991	750	34	15	7,4	6,3	19,9	19,9
	Promedio	42	29	981	734	32	13	8	6	20	20

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅), tiene una concentración promedio en la entrada de 42 mg/l y de 29 mg/l a la salida del sistema de tratamiento, teniendo así un porcentaje de remoción del 30%. Dicho lo anterior describen el comportamiento de la DBO₅ en la planta de tratamiento teniendo en cuenta que cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 450 mg/l. Los resultados demuestran la

eliminación de materia orgánica presente en el agua residual, además es fundamental asegurar que los niveles de materia orgánica sean adecuados y que estos no causen impactos negativos al medio ambiente.

La demanda química de oxígeno (DQO) tiene una concentración promedio en la entrada de 981 mg/l y 734 mg/l a la salida del sistema, se obtiene un porcentaje de remoción de 25 %. Los resultados describen el comportamiento de la DQO en la planta de tratamiento teniendo en cuenta que cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 900 mg/l. Los resultados expresan que el sistema de tratamiento está funcionando, pero es necesario mejorar los resultados y aplicar la guía de operación y mantenimiento correctamente.

Los sólidos suspendidos totales (SST), tienen una concentración promedio a la entrada de 32 mg/l y 13 mg/l salida del sistema, teniendo así un porcentaje de remoción del 66,7%. esta diferencia en la concentración indica la eficacia del sistema en la remoción de los sólidos suspendidos totales, por lo cual cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 al tener un valor máximo de 400 mg/l.

El pH obtuvo un valor a la entrada del sistema de 6 unidades de pH a la salida del sistema, lo que quiere decir que el agua residual resultante del proceso del tratamiento cuenta con valores neutros. La temperatura registro un valor promedio a la entrada y salida del sistema de 20°C del tratamiento de agua residual proveniente de la unidad de especies menores.

Finalmente se realizó la comparación de los tres sistemas de tratamiento de agua residual donde la capacidad de tratamiento puede variar dependiendo del tamaño de cada unidad de ganadería, ordeño o la de especies menores, de acuerdo con los resultados de la caracterización fisicoquímica se pudo observar que las pta están funcionando bien pero con una correcta aplicación de la guía de operación y mantenimiento por parte del técnico operativo, las condiciones mejorarían y se podrían superar los porcentajes de eficiencia de remoción, dicho lo anterior, el sistema de tratamiento de agua residual de la unidad de especies menores demostró un comportamiento aceptable y es la unidad que cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015.

4.6 Caudal

Se determinó el caudal del agua residual en la entrada y salida de los sistemas de tratamiento de las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores por medio del aforo volumétrico durante una semana en horario de 6:40 am a 8:00 am siendo esta la jornada donde se evidencia el caudal. En el anexo D se expresan los resultados.

Tabla 12
Promedio de caudal de las unidades de ganadería, ordeño y especies menores

CAUDAL (ml/seg)								
promedio por día								
	L	M	M	J	V	S	D	promedio
Unidad	Caudal de entrada							x
								semana
Ganadería	41,2	74,86	43,17	65,74	137,05	113,98	69,54	77,93
Ordeño	119,88	112,6	88,76	107,42	48,21	44,51	44,63	80,86
Especies Menores	63,78	58,87	47,87	83,91	96,89	86,75	70,55	72,66
Caudal De Salida								
Ganadería	14,62	9,7	9,68	10,27	9,74	11,06	10,57	10,81
Ordeño	124,08	114,3	90,62	107,42	46,66	21,81	23,46	75,47
Especies Menores	89,56	27,34	24,87	27,34	88,57	56,27	33,29	49,61

El caudal influye directamente en la capacidad de tratamiento de agua residual en las unidades productivas de ganadería, ordeño y especies menores. La unidad de ganadería tiene un promedio por semana de 77,93 ml/seg, siendo caudales intermitentes ya que se debía tomar el aforo en horarios de 6:40 a 8:00 am debido a las condiciones de lavado del lugar, continuando con la unidad de ordeño se obtiene un promedio por semana de 80,86 ml/seg, las principales actividades que generan caudal de agua residual son principalmente del lavado del sistema de ordeño y de la limpieza animal, estas labores son necesarias para mantener la higiene y sanidad del ganado de ordeño ya que el ganado de ordeño debe estar higiénicamente limpio y finalmente la unidad de especies menores tiene un promedio del caudal de 72,66 ml/seg de aguas residuales provenientes de lavado de los establos de los cerdos que se realiza una vez al día debido a la importancia de mantener la limpieza y el higiene de la unidad. El lavado de los establos de los cerdos es necesario para evitar acumulación de heces fecales, bacterias y otros agentes que podrían afectar la salud y bienestar de los animales. Al tener un caudal adecuado garantiza la correcta eliminación de los desechos y además se minimiza la contaminación ambiental y el caudal de salida de cada sistema de tratamiento se obtiene que la unidad de ganadería tiene un

promedio de 10,81 ml/seg, la unidad de ordeño tiene un promedio de 75,47 ml/seg y la unidad de especies menores tiene un promedio de 49,61ml/seg, el caudal de salida del es menor que el caudal de entrada de los sistemas de tratamiento porque durante el proceso del tratamiento de las aguas residuales se producen perdidas y por ende disminuye el caudal. Es importante realizar el mantenimiento regular de los sistemas de tratamiento del agua residual para garantizar un caudal de salida adecuado.

4.7 Implementación de la Matriz de Arboleda o EPM

Para la evaluación de impacto ambiental se realizó con el método EPM Arboleda donde se identificaron los aspectos e impactos ambientales y las actividades diarias que se realizan en cada uno de los sistemas de tratamiento de agua residual del centro agropecuario Sena.

De acuerdo a las actividades diarias, se procede a identificar los aspectos e impactos ambientales para cada sistema de tratamiento de agua residual y se obtiene la siguiente información:

4.7.1 Aspectos e Impactos Ambientales Unidad e Ganadería

Tabla 13

Aspectos e impactos ambientales unidad de ganadería

Aspectos E Impactos Ambientales		
Actividad	Aspectos ambientales	Impactos Ambientales
Lavado de instalaciones (patio del establo)	Consumo de agua	Contaminación del agua
	Generación de aguas residuales	Contaminación visual
	Generación de olores ofensivos	Contaminación del suelo
Suministro de medicamentos	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del agua
	Generación de residuos no aprovechables	Contaminación del suelo
		Contaminación del aire
Cría y levante	Generación de residuos aprovechables	Contaminación del agua
		Contaminación del suelo
	Consumo de agua	Contaminación visual
	Generación de aguas residuales	
	Exceso de carga visual	
Prácticas de bioseguridad	Generación de residuos no aprovechables	Contaminación del suelo
		Contaminación visual

Reproducción animal	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del agua Contaminación del suelo
Limpieza de las vacas de ordeño	Consumo de agua Generación de aguas residuales	Contaminación del agua Contaminación del suelo

4.7.2 Aspectos e Impactos Ambientales Unidad de Ordeño

Tabla 14

Aspectos e impactos ambientales de la unidad de ordeño

Aspectos E Impactos Ambientales		
Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Lavado de instalaciones (sistema de ordeño)	Generación de residuos sólidos	Contaminación del agua Contaminación del suelo
	Generación de aguas residuales	Contaminación del aire
	Generación de olores ofensivos	
Ordeño y almacenamiento de la leche en tanques de refrigeración	Consumo de agua	
	Consumo de energía	Contaminación del agua
	Consumo de agua	Contaminación del suelo
Venta de leche	Generación de residuos sólidos	Contaminación del aire
	Generación de empleo	Recursos económicos por la venta de productos
	Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo
	Consumo de energía	Contaminación del agua

Fuente: elaboración propia

4.7.3 Aspectos e Impactos Ambientales de la Unidad Especies Menores

Tabla 15

Aspectos e impactos ambientales de la unidad de especies menores

Aspectos E Impactos Ambientales		
Actividades	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Alimentación animal	Consumo de agua	Contaminación del agua
	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo
	Generación de olores ofensivos	Contaminación del aire
Limpieza de los establos	Consumo de agua	agotamiento de recurso l agua
	Generación de aguas residuales	Contaminación del suelo
	Generación de olores	Contaminación del aire
Atención veterinaria	Consumo de agua	Agotamiento del recurso agua
	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo
	Generación de residuos no aprovechables	Contaminación del aire
Cría y levante	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo
	Consumo de agua	Contaminación del agua
	Exceso de carga visual	Contaminación visual
Reproducción animal	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo
	Generación de olores ofensivos	Contaminación del aire
	Consumo de agua	Contaminación del agua
Prácticas de bioseguridad	Generación de residuos no aprovechables	Contaminación del suelo
	Exceso de carga visual	Contaminación visual

Fuente: elaboración propia

Los sistemas de tratamiento de agua residual de las unidades de ganadería, ordeño y especies menores, se llevan a cabo diferentes actividades que permiten el buen funcionamiento de los sistemas, estas se agrupan para facilitar la evaluación de impacto ambiental como se evidencia en las tablas 13,14,15 donde se identificaron los aspectos e impactos ambientales asociados a cada una de las actividades diarias en los sistemas de tratamiento de agua residual pueden variar dependiendo de las características de cada sistema, es fundamental para

garantizar un manejo adecuado de los recursos naturales, es prevenir los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

4.1.7.3 Síntesis de la Evaluación de Impacto Ambiental.

De acuerdo con los anteriores resultados de los aspectos e impactos ambientales se procede a hacer la evaluación de impacto ambiental para cada unidad:

- Evaluación de impacto ambiental de la unidad de ganadería

Tabla 16

Matriz de impacto ambiental de la unidad de ganadería

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - MÉTODO EPM ARBOLEDA										
UNIDAD DE GANADERÍA										
Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Criterios de evaluación					Calificación ambiental		Importancia ambiental
			C	P	D	E	M	+	-	
Lavado de instalaciones (patio del establo)	consumo de agua	agotamiento del recurso hídrico	-	1.0	0.5	0.5	0.5		3.2	moderadamente significativo o moderado
	generación de aguas residuales	contaminación del suelo	-	0.7	0.6	0.6	0.6		3.0	moderadamente significativo o moderado
	generación de olores ofensivos	contaminación al aire	-	0.7	0.7	0.4	0.4		2.2	poco significativo o irrelevante
atención veterinaria	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	-	0.7	0.5	0.5	0.5		2.2	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos no aprovechables	contaminación del aire	-	1.0	0.4	0.6	0.4		2.8	moderadamente significativo o moderado
Cría y levante	generación de residuos peligrosos	contaminación al suelo	-	0.7	0.6	0.4	0.4		2.0	poco significativo o irrelevante
	generación de aguas residuales	contaminación del agua	-	0.3	1.0	0.6	0.6		1.6	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos aprovechables	contaminación del suelo	-	0.7	0.7	0.4	0.3		2.0	poco significativo o irrelevante
Prácticas de bioseguridad	exceso de carga visual	contaminación visual	-	0.7	0.4	0.4	0.4		1.6	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos no aprovechables	contaminación del suelo	-	0.7	0.3	0.4	0.3		1.2	poco significativo o irrelevante
	exceso de carga visual	contaminación visual	-	0.7	0.4	0.5	0.4		1.8	poco significativo o irrelevante
Reproducción animal	generación de residuos no aprovechables	contaminación del suelo	-	0.3	0.4	0.5	0.3		0.6	poco significativo o irrelevante
	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	-	0.7	0.5	0.6	0.6		2.8	moderadamente significativo o moderado
	generación de olores ofensivos	contaminación del aire	-	0.3	0.5	0.6	0.4		0.9	poco significativo o irrelevante

Tabla 17

Resultados de la matriz de impacto ambiental de la unidad de ganadería

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	CA	IA
Lavado de instalaciones (patio del establo)	consumo de agua	agotamiento del recurso hídrico	-3.2	Moderadamente significativo o moderado
	generación de aguas residuales	contaminación del suelo	-3.0	Moderadamente significativo o moderado
Atención veterinaria	Generación de residuos no aprovechables	contaminación del aire	-2.8	Moderadamente significativo o moderado

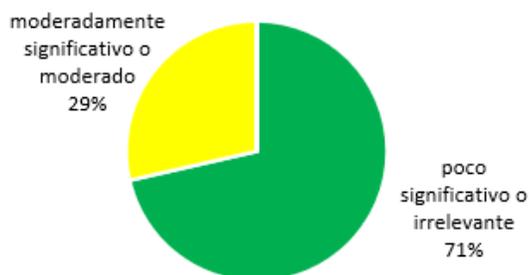
Reproducción animal	Consumo de agua	agotamiento del recurso agua	-2.8	Moderadamente significativo o moderado
---------------------	-----------------	------------------------------	------	--

Fuente: elaboración propia

Figura 39

Resultados evaluación de impacto ambiental unidad ganadería

Importancia del impacto ambiental



El consumo de agua utilizada para lavar las instalaciones del establo puede generar un impacto negativo en el recurso hídrico debido a que puede agotar el suministro de agua disponible en la zona. Se establecieron 14 actividades generadoras de impactos positivos y negativos, en el gráfico 16 se observan lo siguiente: el 29% las actividades que tienen como resultado el impacto moderadamente significativo ya que son actividades donde se emplea el agua para aseo de las instalaciones del patio del establo, mantenimiento y prácticas de bioseguridad, el vertimiento se dispone sobre el suelo generando agua residual, también se producen residuos no aprovechables provenientes de la atención veterinaria donde se incluyen materiales como jeringas, agujas, gasas, guantes, objetos corto punzantes, entre otros el cual son elementos que se deben manejar correctamente y el 71% de las actividades que generan impacto ambiental son poco significativas.

4.7.4 Evaluación de impacto ambiental de la unidad de ordeño

Tabla 18

Matriz de impacto ambiental de la unidad de ordeño

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - MÉTODO EPM ARBOLEDA										
UNIDAD DE ORDEÑO										
Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Criterios de evaluación					Calificación ambiental		Importancia ambiental
			C	P	D	E	M	+	-	
Lavado de instalaciones (sistema de ordeño)	generación de residuos aprovechables	contaminación del suelo	-	0.3	0.5	0.4	0.4		0.7	poco significativo o irrelevante
	generación de aguas residuales	contaminación del agua	-	1.0	0.7	0.6	0.5		4.2	moderadamente significativo o moderado
	generación de olores ofensivos	contaminación del aire	-	0.3	0.4	0.4	0.4		0.7	poco significativo o irrelevante
ordeño y almacenamiento de la leche en tanques de	consumo de agua	agotamiento del recurso hídrico		1.0	1.0	0.5	0.5		4.7	moderadamente significativo o moderado
	consumo de energía	agotamiento de los recursos naturales	-	0.7	0.7	0.5	0.4		2.4	poco significativo o irrelevante
	consumo de agua	agotamiento del recurso hídrico	-	0.7	0.4	0.4	0.5		1.8	poco significativo o irrelevante
venta de leche	generación de ruido por los procesos de ordeño	contaminación auditiva	-	0.7	0.7	0.4	0.4		2.2	poco significativo o irrelevante
	generación de empleo	venta de productos	+	1.0	0.3	1.0	0.4	3.7		moderadamente significativo o moderado
	generación de residuos sólidos	contaminación del suelo	-	0.3	0.4	0.6	0.4		0.8	poco significativo o irrelevante
	generación de ruido por los vehículos de uso agrícola	contaminación auditiva	-	0.3	0.4	0.4	0.5		0.7	poco significativo o irrelevante

Fuente: elaboración propia

Tabla 19

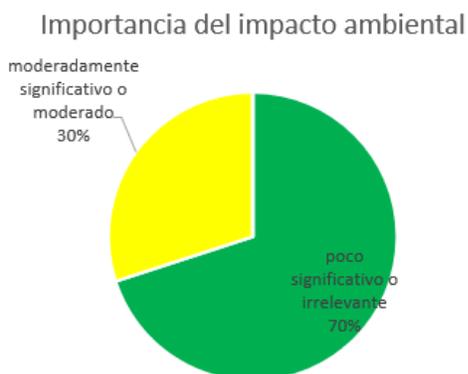
Resultados de la evaluación de impacto ambiental de la unidad de ordeño

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	CA	IA
Lavado de instalaciones (sistema de ordeño)	Generación de aguas residuales	Contaminación del agua	-4.2	Moderadamente significativo o moderado
	Consumo de agua	Agotamiento del recurso hídrico	-4.7	Moderadamente significativo o moderado
Venta de leche	Generación de empleo	Venta de productos	+3.7	Moderadamente significativo o moderado

Fuente: elaboración propia

Figura 40

Importancia del impacto ambiental unidad de ordeño



De acuerdo a los resultados de la evaluación de impacto y al gráfico 17 se evidencia que el 30% de las actividades tienen impactos moderadamente significativos, siendo estas actividades procedentes del lavado de las instalaciones del sistema de ordeño y además están generando agotamiento del recurso hídrico, la generación de olores por la manipulación de las excretas de los animales y el manejo de lodos en el lecho de secado, por lo tanto los impactos negativos están afectado directamente al medio ambiente y además afectan la salud pública, y el 70 % de los impactos de acuerdo a la importancia ambiental son poco significativos.

4.7.5 Evaluación De Impacto Ambiental De Unidad De Especies Menores

Tabla 20

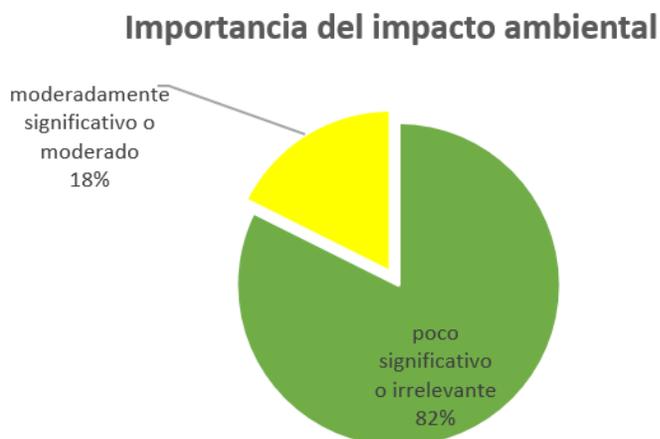
Matriz de impacto ambiental unidad de especies menores

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - MÉTODO EPM ARBOLEDA										
UNIDAD DE ESPECIES MENORES										
Actividad	aspecto ambiental	Impacto ambiental	criterios de evaluación					calificación ambiental		importancia ambiental
			C	P	D	E	M	+	-	
alimentación animal	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	N(-)	0.7	0.7	0.4	0.5		2.4	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos solidos	contaminación del suelo	N(-)	0.7	0.4	0.5	0.6		2.3	poco significativo o irrelevante
	generación de olores ofensivos	contaminación del aire	N(-)	0.7	0.5	0.4	0.4		1.8	poco significativo o irrelevante
limpieza de establos	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	N(-)	0.4	0.5	0.4	0.6		1.05	poco significativo o irrelevante
	generación de agua residual	contaminación del suelo	N(-)	0.7	1.0	0.6	0.5		3.5	poco significativo o irrelevante
	generación de olores ofensivos	contaminación del aire	N(-)	0.3	0.5	0.5	0.5		0.9	poco significativo o irrelevante
atención veterinaria	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	N(-)	1.0	1.0	0.5	0.5		4.7	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos no aprovechables	contaminación del aire	N(-)	1.0	0.5	0.6	0.4		3.1	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos peligrosos	contaminación al suelo	N(-)	0.3	0.5	0.3	0.5		0.7	poco significativo o irrelevante
cría y levante	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	N(-)	0.3	0.5	0.5	0.6		1.08	poco significativo o irrelevante
	generación de residuos solidos	contaminación del suelo	N(-)	0.3	0.4	0.4	0.4		0.6	poco significativo o irrelevante
	exceso de carga visual	contaminación visual	N(-)	0.3	0.4	0.4	0.7		0.9	poco significativo o irrelevante
Reproducción animal	generación de residuos no aprovechables	contaminación del suelo	N(-)	0.3	0.6	0.4	0.6		1.0	poco significativo o irrelevante
	consumo de agua	agotamiento del recurso agua	N(-)	0.3	0.8	0.6	0.8		1.7	poco significativo o irrelevante
	generación de olores ofensivos	contaminación del aire	N(-)	0.3	0.5	0.3	0.5		0.7	poco significativo o irrelevante
practicas de bioseguridad	generación de residuos no aprovechables	contaminación del suelo	N(-)	0.3	0.6	0.3	0.6		0.9	poco significativo o irrelevante
	exceso de carga visual	contaminación visual	N(-)	0.3	0.4	0.4	0.6		0.8	poco significativo o irrelevante

Fuente: elaboración propia

Figura 41

Resultados evaluación de impacto ambiental unidad especies menores



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados de la evaluación de impacto y al gráfico 18 se evidencia que el 18% de las actividades tienen impactos moderadamente significativos, siendo estas actividades procedentes del lavado de las cocheras de los cerdos ya que pueden ocasionar problemas ambientales, se evidencia que estas actividades generan aguas residuales y por ende agotan el recurso hídrico, además las heces fecales generan olores desagradables. Estos impactos negativos afectan directamente al medio ambiente y pueden tener repercusiones en la salud humana y el 82 % de los impactos de acuerdo a la importancia ambiental son poco significativos.

4.8 Eficiencia de Remoción Para Cada Sistema de Tratamiento y Comparación Técnica con la Resolución 631 del 2015

De acuerdo con los resultados obtenidos Se calculó la eficiencia de remoción de cada sistema de tratamiento. En la tabla 21 se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados en su respectiva unidad.

Tabla 21
Resultados eficiencia de remoción y comparación técnica

Unidad	Parámetro	% Remoción	Comparación técnica con la resolución 631 del 20125	
			Valor obtenido (mg/l)	Estado
Ganadería	DBO ₅	10,5	148	cumple
	DQO	36,5	755	No cumple
	SST	89,3	78	cumple
Ordeño	DBO ₅	15	54	Cumple
	DQO	44,8	761	No cumple
	SST	95,8	60	cumple
Especies menores	DBO ₅	30,0	29	cumple
	DQO	25,0	734	cumple
	SST	66,7	113	cumple

Teniendo en cuenta los valores expuestos en la tabla 21, se puede observar el porcentaje de remoción de cada uno de los parámetros evaluados, los resultados de DBO₅ para los tres

sistemas de tratamiento cumplen con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015, los % de remoción son bajos y se deben mejorar las condiciones de cada sistema de acuerdo con la guía de operación y mantenimiento donde se detalla las actividades a realizar por cada componente con el objetivo de mejorar el funcionamiento de cada estructura y de esta forma obtener un mejor porcentaje de remoción por parte del sistema de tratamiento; el parámetro DQO para los sistemas de tratamiento de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores se obtiene un % de remoción de 36,5% , 44,8% y el 25% de los cuales son valores aceptables y que se pueden mejorar para lograr valores más eficientes, comparando los resultados con la normatividad vigente se observa que el sistema de la unidad de ganadería y ordeño no cumplen con los límites permisibles establecidos en la normatividad vigente y finalmente el parámetro SST de los tres sistemas de tratamiento cumplen con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 y los porcentajes de remoción donde se logra eliminar aproximadamente el 89,3%, 95,8% y 66,7% de materia orgánica presente en el agua residual.

4.9 Fase 3. Diseñar la Propuesta de Mejoramiento Para dos Sistemas de Tratamiento

4.9.1 Rediseño de las Estructuras que no Cumplen con la Normatividad

Luego de los resultados obtenidos se realizó el rediseño de la unidad de ganadería y la unidad de ordeño, ya que fueron los sistemas de tratamiento que no cumplieron con los límites permisibles establecidos en la resolución 0631 del 2015, con el fin de mejorar u optimizar el proceso.

4.1.9.1 Rediseño Unidad De Ganadería

Se rediseño las estructuras del tanque séptico, fafa y humedal.

Tanque Séptico

Con la finalidad de remover la gran cantidad de sólidos y la alta carga de DBO_5 , se rediseño el tanque séptico la cual depende de la cantidad de animales presentes en la unidad de ganadería.

Datos

- Q promedio= 77,93 ml/s
- Q máximo= 137,05 ml/s

Se realiza la conversión del caudal de ml/ s a L/s

$$77,93 \frac{ml}{s} * \frac{1l}{1000ml} = 0,0779 \frac{l}{s}$$

- carga contaminante

Datos:

162mg/l: resultado de la entrada de DBO₅

$$CC\ DBO5 = 0,0779 \frac{l}{s} * 162 \frac{mg}{l} = 12,62 \frac{mg}{s}$$

Conversión de unidades

$$12,62 \frac{mg}{s} * \frac{1\ kg}{1000\ mg} * \frac{86400\ s}{1\ dia} = 1090,3 \frac{kg}{dia}$$

$$CC\ DBO5 = Q * CC$$

$$CC\ DBO5 = 0,137 \frac{l}{s} * 162 \frac{mg}{s} = 22,19 \frac{mg}{s}$$

- Conversión de mg/s a kg/día

$$22,19 \frac{mg}{s} * \frac{1\ kg}{1000000\ mg} * \frac{86400\ s}{1\ dia} = 1,92 \frac{kg}{dia}$$

- zona de sedimentación

Datos:

Qm= 77,93 ml/s

$$77,93 \frac{ml}{s} * \frac{1\ l}{1000\ ml} * \frac{86400\ s}{1\ dia} = 6733,15 \frac{l}{dia}$$

- T sedimentación

Se reemplazan los datos en la fórmula de TRH donde: 1,5 y 0,3 son valores de formula:

$$TRH = 1,5 - 0,3(\log(6733,15)) = 0,35\ dias$$

- **Volumen**

Q*T sed

$$6733,15 \frac{l}{dia} * \frac{m^3}{1000l} = 6,73\ m^3 / dia$$

$$6,73 \frac{m^3}{dia} * 0,355\ dias = 2,35\ m^3$$

- zona de digestión

$$td = 1853(temp)^{-1,25}$$

$$td = 1853(19,7)^{-1,25}$$

$$td = 44,7\ dias$$

- Volumen de lodos

Se adopta una tasa de lodos de 0,5 l/ animal*día

Datos:

Td:44,7 días

Cantidad de animales: 17

$$V = 0,5 \frac{l}{\text{animal} * \text{dia}} * 44,7 \text{ dias} * 17 \text{ animales} = 379,95 l$$

$$379,95 l * \frac{m^3}{1000 l} = 0,379 m^3$$

- zona de almacenamiento

volumen de lodo, se adopta una tasa de 0,06 para la producción de lodos

$$V = 17 \frac{\text{animales}}{\text{año}} * 4 * 0,06 = 4,08 m^3$$

- espumas y natas

$$= 4,08 m^3 * 0,4 = 1,663 m^3$$

Volumen total del tanque séptico

$$= 0,38 m^3 + 4,08 m^3 + 1,663 m^3 + 2,35 m^3 = 8,47 m^3$$

El volumen resultante para el tanque séptico actual es de $10 m^3$, teniendo en cuenta que la limpieza total programada será cada 4 años y el tanque séptico que se rediseño tiene un volumen de $8,47 m^3$ ya que la cantidad de animales es de 17 y las aguas lluvias están controladas, evitando que estas lleguen al sistema de tratamiento.

Rediseño del Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

El FAFA es un sistema complementario al tanque séptico, el cual realiza el trabajo de la digestión y la reducción anaeróbica.

Datos:

$$Q=6,73 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

Eficiencia= 80%

Se calcula el tiempo de retención hidráulico:

$$TRH = n \sqrt{\frac{sk}{(1 - \frac{\text{eficiencia}}{100})}}$$

$$TRH = \sqrt[0,55]{\frac{1}{\left(1 - \frac{80}{100}\right)}} = 18,66 \text{ horas}$$

Volumen

$$\begin{aligned} &= \frac{Q * TRH}{\text{Porosidad}} \\ &= \frac{\left(\frac{6,73 \text{ m}^3}{\text{día}} * 0,78 \text{ días}\right)}{0,9 \text{ días}} = 5,83 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sistema

$$\begin{aligned} &t_{sep} + FAF\text{A} \\ &8,47 \text{ m}^3 + 5,83 \text{ m}^3 = 14,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

El volumen resultante para el tanque séptico es de 10 m^3 y el FAFa de $3,53 \text{ m}^3$ teniendo un resultado actual de $13,53 \text{ m}^3$ y el volumen del sistema rediseñado es de $14,3 \text{ m}^3$.

Rediseño del humedal

Para rediseñar el humedal se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

Datos:

$$Q = 6,73 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

DBO₅ de entrada: 162 mg/l

DBO₅ de salida: 145 mg/l

Profundidad del lecho: 0,6m

Porosidad de la estructura: 0,35

constante K_{20°C}

$$K_{20^\circ\text{C}} = 0,12 * 1,06^{20-20}$$

$$K_{20} = 0,12$$

área superficial

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{6,73 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \text{Ln}\left(\frac{145}{162}\right)}{0,12 * 0,6 * 0,35} \\ A_s &= 29,60 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ancho y largo

$$\text{ancho} = \sqrt{\frac{29,60 \text{ m}^2}{3}} = 3,14 \text{ m}$$

$$largo = 3,14 m * 3 = 9,42 m$$

Los resultados del diseño del humedal actual se describen así: $As = 9,324m^3$, el ancho es de $2,129m^2$ y el largo de $9,42m^2$ y los resultados del rediseño son $As = 29,60m^3$, el ancho es de $3,14m^2$ y el largo de $4,318m^2$.

4.2.9.1 Rediseño Unidad de Ordeño

Rediseño de las estructuras de la trampa de grasas y el humedal de flujo subsuperficial

Trampa de grasas

Con la finalidad de remover la gran cantidad de sólidos y la alta carga de DBO_5 , se rediseño la trampa de grasa

Datos:

Caudal máximo= 119,88 ml/s

TRH= 4 min

Calculo conversión de unidades

$$119,88 \frac{ml}{s} * \frac{1l}{1000ml} = 0,12 \frac{l}{s}$$

área superficial

$$As = 0,25 m^2 * 0,12m^2$$

$$As = 0,03m$$

Calculo para el volumen

$$Vol = Q * TRH$$

Calculo conversión de unidades del TRH

$$4min * \frac{60 s}{1min} = 240 s$$

$$Vol = 0,12 \frac{l}{s} * 240 s$$

$$Vol = 28,8l$$

Cálculo de la altura

Conversión de unidades

$$28,8l * \frac{1m^3}{1000l} = 0,03m^3$$

$$h = \frac{vol}{As}$$

$$h = \frac{0,03m^3}{0,03m^3} h = 1m$$

Cálculo relación largo / ancho

ancho

$$ancho = \sqrt[2]{\frac{As}{3}}$$

$$ancho = \sqrt[2]{\frac{0,03m}{3}}$$

$$ancho = 0,1 m$$

Largo

$$largo = 0,1 m * 3$$

$$largo = 0,3m$$

Rediseño del humedal

Se rediseño el humedal de acuerdo al caudal promedio de $6,98 \frac{m^3}{día}$ y de los valores obtenidos del parámetro DBO_5 en la entrada y salida del sistema de tratamiento de agua residual.

Datos

Q promedio= 80,86 ml/s

Q máximo= 119,88 ml/s

DBO_5 de entrada:60 mg/l

DBO_5 de salida:51 mg/l

Profundidad del lecho: 0,6m

Porosidad de la estructura: 0,35

Conversión del caudal

$$80,86 \frac{ml}{s} * \frac{1l}{1000ml} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{86400s}{1 dia} = 6,98 \frac{m^3}{día}$$

Cálculo de la constante $K_{20°C}$

$$As = \frac{Q * Ln\left(\frac{ce}{co}\right)}{-k * y * n}$$

$$K_{20°C} = 0,12 * 1,06^{19-20}$$

$$K_{20} = 0,11 d^{-1}$$

calcula el área superficial

$$As = \frac{6,98 \frac{m^3}{día} * Ln\left(\frac{51}{60}\right)}{-(0,11 d^{-1}) * 0,6 * 0,35}$$

$$As = 49,1m^2$$

Cálculo de ancho y largo

$$ancho = \sqrt{\frac{49,1m^2}{2}} = 4,9 m$$

$$largo = 4,9 m * 2 = 9,8 m$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en el rediseño de los componentes del tanque séptico, FAFA y el humedal de la unidad de ganadería y los componentes de la trampa de grasa y el humedal de la unidad de ordeño, se evidencio que hay cambios significativos en las estructuras de cada sistema de tratamiento, estos cambios pueden tener un impacto importante en la eficiencia de remoción y de esta forma mejorar la productividad de cada unidad; cabe resaltar que la aplicación de la guía de operación y mantenimiento para los sistemas de tratamiento es fundamental para tener resultados óptimos y eficaces.

5 Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico del estado técnico de los sistemas de tratamiento se puede evidenciar que cada unidad productiva cumple con la normatividad vigente, de acuerdo a la localización, parámetros de diseño de cada PTAR y se diseñó la ficha del manual de operación y mantenimiento para cada unidad productiva.

Se realizó la caracterización fisicoquímica del vertimiento de agua residual, para la unidad de ganadería y ordeño, donde los parámetros de DBO₅, SST y pH si dan cumplimiento, el parámetro DQO no cumple con los límites permisibles establecidos en la resolución 631 del 2015 y la unidad de especies menores si cumple con los valores máximos como lo indica la normatividad.

Finalmente se diseñó la propuesta de mejoramiento de los sistemas, donde se analizó la eficiencia de remoción de cada PTAR y se registra que la unidad de ganadería, ordeño y especies menores registran valores de porcentaje de remoción para la DBO₅, de 10,5%, 15% y 30% los resultados indican que los sistemas requieren de mantenimiento adecuado para asegurar su eficacia a largo plazo.

El parámetro DQO para las unidades de ganadería, ordeño y especies menores registran valores de 36,5%, 44,8% y 25% lo cual indican la ineficiencia del humedal ya que cuenta con poca vegetación y además de estar colmatado, se observa que en la unidad de ganadería el parámetro SST tiene un porcentaje de remoción del 89,3%, la unidad de ordeño tiene en SST un porcentaje de remoción del 95,5% y la unidad de especies menores para los SST de 66,7 %, en general los sistemas evaluados reportan buena capacidad para reducir la cantidad de sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales.

De acuerdo con los resultados anteriores se rediseñaron las estructuras de la unidad de ganadería, el tanque séptico, el FAFA y el humedal, y la unidad de ordeño se rediseñaron las estructuras de la trampa de grasas y el humedal.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la siembra de vegetación en los humedales de la unidad de ganadería, ordeño, y especies menores ya que estos no tienen suficientes plantas de papiro y por ende el funcionamiento del sistema de tratamiento estarían afectado.

Se recomienda utilizar las fichas técnicas del manual de operación y mantenimiento para cada uno de los sistemas de tratamiento agua residual con el fin de tener mayor eficiencia.

Se aconseja fortalecer estrategias de educación ambiental sobre las aguas residuales y las alternativas de tratamiento a la comunidad general del Sena.

Se recomienda continuar con la evaluación de las PTAR con el fin de garantizar que los sistemas de tratamiento están funcionando correctamente.

Bibliografía

- [1] Giovany Zabala, «Caracterización de recursos hídricos estratégicos en Colombia : Characterization of strategic water resources in Colombia »:, vol. 11, n.º 2003, 2019.
- [2] D. Rodriguez, H. Serrano, A. Delgado, D. Nolasco, y G. Saltiel, «De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe», 2020.
- [3] D. F. Cubilla y D. M. Huertas, «Evaluación De La Eficiencia De Remoción De Materia Orgánica De Un Biodigestor Tubular Anaerobio a Escala Piloto Para El Tratamiento De Aguas Residuales Porcinas En La Institución Educativa Agrícola Guacavia, Cumaral-Meta», *Univ. St. Tomás*, p. 71, 2018.
- [4] Odalys Natasha Castillo Salazaz, «Evaluación De Sistema De Tratamiento De Efluentes Generados De Una Granja Porcina Con Aireación Y Microorganismos Activos En La Comuna Zapotal, Provincia De Santa Elena», *Univ. Estatal Península St. Elena*, 2021.
- [5] J. Barreto Lozano y L. Lambraño Zuluaga, «Diseño y evaluación de un sistema de reúso para el agua residual del lavado de bovinos y sus corrales en la Subasta Santa Clara , Sahagún- Córdoba , Colombia», *Environ. Technol.*, vol. 1, n.º 2, pp. 66-82, 2020. doi: 10.56205/ret.1-2.4.
- [6] A. Estrada-Martínez, J. Ortega-Ruiz, I. D. Urango Cardenas, G. Enamorado-Montes, y J. Marrugo-Negrete, «Fotocatálisis heterogénea para el tratamiento de aguas residuales generadas en el baño del ganado», *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 10, n.º 2, pp. 115-126, jun. 2019, doi: 10.22490/21456453.2683.
- [7] J. Luque López, “Propuesta de un sistema de tratamiento para aguas residuales producto de actividades ganaderas,” Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2019. Accessed: Mar. 05, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1128>
- [8] J. Purín Mejía y C. Bacca Güillín, «Evaluación de la eficiencia de un humedal artificial tipo francés a escala piloto para el tratamiento de las aguas residuales del proyecto porcino de la universidad francisco de Paula Santander-Ocaña, Colombia», *Univ. Fr. Paula Santander Ocaña*, p. 67, 2019. [Online]. Available: https://www.academia.edu/31615930/bombas_centrifugas_conectadas_en_serie_y_en_paralelo

- [9] C. Manzo Montero y R. Vargas Quiñonez, "Evaluación de especies fitodegradadores para el tratamiento de aguas residuales de industrias avícola y porcícola de la ciudad de Guayaquil," Universidad agrícola de Ecuador, p. 27- 2021.
- [10] G. Álvarez Pinzón, "El reúso de aguas residuales en Colombia," Universidad Externado de Colombia, 2019. doi: 10.57998/bdigital.handle.001.2344.
- [11] A.Vargas J, D Velasquez et al. «Biological system analysis for domestic wastewater treatment in Colombia», *Ingeniare*, vol. 28, n.º 2, pp. 315-322, 2020, doi: 10.4067/S0718-33052020000200315.
- [12] D. Rodriguez, H. Serrano, A. Delgado, D. Nolasco, y G. Saltiel, «De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe», *Bancomundial.org*, 2020.
- [13] Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, «Resolución 631 de 2015», vol. 2015, n.º 49, 2015.
- [14] RAS, «reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico República de Colombia Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico», *Minist. Desarro. Económico, Dir. Agua Potable y Saneam. Básico*, vol. 22 De Novi, p. 45, 2000.
- [15] Minuchin, «Ley 99 de 1993», vol. 4, n.º 41, pp. 147-173, 2003.
- [16] «Ley 9 de 1979», vol. 2009, n.º 75, pp. 31-47, 1979.
- [17] Decreto 1594 de 1984», vol. 13, n.º 3, p. 576, 1984.
- [18] G. Alabaster, R. Johnston, F. Thevenon, y A. Shant, *Progreso en el tratamiento de las aguas residuales*. 2021.
- [19] J. Palmero, «Herramientas para la investigación en tecnologías de la información y la comunicación. casos de estudio», vol. 15, pp. 139-149, 2011.
- [20] E. Losik, «Instructivo para la medicion de caudales del centro de manejo de integral de muestras (cemin)», *Gest. Tecnol. Neg. Cent. Innov. y Tecnol. ICP*, 2020, doi: 10.31819/9783968690124-toc.
- [21] A. de Medellin, *Guía de manejo socioambiental para la construccion de obras de infraestructura pública*. 2013.
- [22] A. Ortega Ramírez y N. Sánchez Rodríguez, «Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales», *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 31, n.º 2, pp. 121-134, dic. 2021, doi: 10.18359/rcin.5343.

- [23] F. Paucar y P. Iturregui, «The challenges of wastewater reuse in Peru», *South Sustainability*, p. e004, 2020, doi: 10.21142/ss-0101-2020-004.
- [24] W. Sáez Huamán, P. A. Palomino Pastrana, H. M. Dávila Victoria, y L. A. Tito Córdova, «Aguas residuales en la calidad de agua del río», *GnosisWisdom*, vol. 2, n.º 3, pp. 30-36, nov. 2022, doi: 10.54556/gnosiswisdom.v2i3.43
- [25] Ciudad y territorio Ministerio de vivienda, «resolución 330 del 2017», 2017.

Anexos

ANEXO A Encuesta

La presente encuesta tiene como objetivo obtener información detallada del conocimiento que tienen los aprendices respecto a las aguas residuales.

Nombre y apellido: _____
Marque con una X su nivel de estudios actualmente
Curso complementario: ___
Auxiliar: ___
Técnico: ___
Tecnología: _

1. ¿en una escala de 1 a 5 que conocimiento tiene sobre las aguas residuales?
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
 - e) 5
2. ¿sabías que las aguas residuales se originan a partir de las actividades diarias del ser humano en los diferentes sectores como domésticos, urbanos, comerciales, las industrias y la ganadería?
 - a) Muy poco
 - b) Poco
 - c) Demasiado
3. ¿sabías que existen diferentes tecnologías eficientes para realizar el tratamiento de las aguas residuales generadas en los diferentes sectores (domésticos, urbanos, comerciales, las industrias y la ganadería)?
 - a) Si
 - b) No
4. ¿Sabías que la fuente de abastecimiento de los sistemas de tratamiento son los vertimientos de agua residual que se generan en las diferentes actividades de los sectores (domésticos, urbanos, comerciales, las industrias y la ganadería)?
 - a) Muy poco
 - b) Poco
 - c) Demasiado
5. ¿Estás de acuerdo con la siguiente afirmación? “el tratamiento de las aguas residuales es importante para conservar el ciclo del agua y el medio ambiente”
 - a) Totalmente desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
6. ¿Sabías que el sector industrial es uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos en la generación de vertimientos de agua residual?
 - a) Si
 - b) No
7. ¿Tiene conocimiento de los daños ambientales que causan las aguas residuales sino se tiene control sobre ellas?
 - a) Muy poco
 - b) Poco
 - c) Demasiado
8. ¿sabe usted que las aguas residuales no tratadas constituyen a riesgos en la salud?
 - a) Si
 - b) No
9. ¿Sabe usted que las aguas residuales con el debido tratamiento, pueden utilizarse como agua de riego para cultivos, jardines, parques, etc.?
 - a) Muy poco
 - b) Poco
 - c) demasiado
10. ¿Sabías que las aguas residuales son nocivas debido a los altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos que contienen y que estas terminan en los ríos, lagos, quebradas sin ningún tipo de tratamiento?
 - a) Muy poco
 - b) Poco
 - c) Demasiado

ANEXO B Lista de chequeo unidad de ganadería, ordeño y especies menores

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA										
lista de chequeo										
area: la granja										
PTAR: unidad de ganaderia- establo										
fecha: 27/10/2022										
componente	localizacion			parametros de diseño			operación y mantenimiento			observacion
	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	
canal de vertimiento	X			X			X			se observó material vegetal como hojas, ramas de arboles aledaños al canal de vertimiento que pueden ser retirados para su buen funcionamiento
trampa de solidos	X			X			X			
tanque de igualacion										se observo que la flauta que hace las veces de sernidor se ve materia organica y esta tapa los orificios de salida del agua residual, se recomienda limpiar para el buen funcionamiento
lecho de secado tanque de igualación	X			X			X			
sistema modular rotoplast	X			X			X			
lecho de secado sistema	X			X			X			
filtro fito pedológico	X			X			X			Se observó material vegetal seco y que debe ser retirado y llevado al lecho de secado para su posterior manejo por medio del técnico operativo
campo de infiltración	X			X			X			

Lista de chequeo unidad de ordeño

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA										
SENA CENTRO AGROPECUARIO REGIONAL CAUCA										
lista de chequeo										
area: la granja										
PTAR: unidad de ganaderia- ordeño										
fecha: 27/10/2022										
componente	localizacion			parametros de diseño			operación y mantenimiento			observacion
	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	
Caja de distribución y trampa de solidos	X			X			X			Hay residuos plásticos como bolsas, envolturas de bombones, chicles, palitos de bombón que se pueden retirar y que estos no afecten el siguiente tratamiento
trampa de grasa	X			X			X			
filtro fito pedológico	X			X			X			Se observó material vegetal seco y que debe ser retirado y llevado al lecho de secado para su posterior manejo por medio del técnico operativo
campo de infiltración	X			X			X			

Lista de chequeo de la unidad de especies menores

 SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA CENTRO AGROPECUARIO REGIONAL CAUCA 										
lista de chequeo										
área: la granja										
PTAR: unidad de especies menores										
fecha: 27/10/2022										
componente	localización			parámetros de diseño			operación y mantenimien			observación
	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	
Caja de distribución	X			X			X			
tanque de igualación	X			X			X			se observan dentro del tanque de igualación material como hojas secas, ramas
lecho de secado	X			X			X			
sistema modular rotoplast 12500L	X			X			X			
filtro fito pedológico	X			X			X			Se observó material vegetal seco y que debe ser retirado y llevado al lecho de secado para su posterior manejo por medio del técnico operativo
campo de infiltración	X			X			X			

ANEXO C Guía del manual de operación y de mantenimiento de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores

GUIA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
UNIDAD DE GANADERÍA				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERSONAL	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	MATERIAL DE TRABAJO
limpieza del canal de vertimientos.	Cada 2 días	operario	Botas, guantes, overol, tapaboca	Palas, baldes, carreta
Las heces fecales que se retiran deben llevarse al lecho de secado	Siempre	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, carreta, baldes
Los sedimentos y lodos retirados del canal deben llevarse al lecho de secado para remover el exceso de agua hasta el punto de conservar solo el 10 % de la humedad inicial, luego deberán ser transportados a la GANADERÍA - para continuar con el proceso de tratamiento.	Siempre	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, carreta, baldes
REJA PARA RESIDUOS SÓLIDOS				
Remover los residuos sólidos presentes en la reja de tal manera que estos no pasen a través de la misma y obstruyan el proceso	semanal	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, carreta
TANQUE DE IGUALACIÓN				
se debe remover las natas sobrenadantes para evitar que pasen al rotoplast; y depositarlas en el lecho de secado para su estabilización. Para la limpieza general del tanque se debe revisar el nivel de lodos sedimentados de igual forma que se mide el nivel de lodos en un tanque séptico,	Siempre	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, carreta, baldes

suspender el flujo de entrada, proceder a vaciar el tanque con la ayuda de la moto bomba dirigiendo el flujo hacia el tanque séptico, al llegar al nivel del lodo extraer el 90 % de la cantidad encontrada dejando un 10 % en el tanque para inculo para continuar con el proceso de tratamiento, lavar muy bien paredes y la estructura en general con la ayuda de cepillos y agua a presión.				
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.	Cada 6 meses	operario	Botas, guantes, tapabocas overol,	Palas, carreta, baldes
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.	Inmediatamente	operario	Botas, guantes, tapabocas overol,	Palas, carreta, baldes
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	1 vez por año			

<p>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 de remoción del material sedimentable.</p>				
<p>La limpieza inicial o el intervalo entre dos procedimientos 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.</p>				
<p>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.</p>				
<p>Los lodos extraídos deben ser dispuestos en el Lecho de secado para su posterior estabilización con cal y este ser llevado a la biofabrica para finalizar su acondicionamiento que en este caso es el compostaje.</p>				
HUMEDAL ARTIFICIAL				
<p>Se debe verificar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal.</p>	<p>Diario</p>			

<p>Verificar que el aumento de residuos no haya bloqueado caminos de flujo, y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos.</p>				
<p>Se deben inspeccionar las estructuras de control de agua después de cualquier anomalía en el flujo.</p>	Inmediatamente			
<p>Los humedales deben verificarse después de subidas importantes de caudal, ya que pueden afectar el substrato, particularmente a las estructuras de salida.</p>				
<p>Se deben verificar daños, corrosión u obstrucción, de existir, se deben corregir lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.</p>				
<p>La vegetación debe ser inspeccionada y deben quitarse las especies invasoras.</p>	Semanal			
<p>Se debe evitar que la vegetación llegue al punto de florecimiento y marchitez.</p>	siempre			
<p>Para evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales se deben evitar lugares estancados con agua. Cuando el agua está en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.</p>	siempre			
<p>Limpia la flauta que distribuye el agua a la</p>	Semanal			
		operario	Botas, guantes, tapabocas	overol, baldes, carreta

entrada y la que canaliza a la salida.				
Cortar y retirar de las plantas que conforman el humedal, respectivamente.	Mensual			
Elaboración de compost con residuos del humedal, con la vegetación que se extrae.	Siempre			
Cambiar tubos u accesorios en mal estado.	inmediatamente			
Retirar la basura que se acumula alrededor de las plantas.	Siempre			

Guía del manual de operación y mantenimiento unidad de ordeño

GUIA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
UNIDAD DE GANADERÍA - ORDEÑO				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERSONAL	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	MATERIAL DE TRABAJO
La caja de distribución debe ser inspeccionada para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución del agua residual hacia la trampa de grasas.	Cada 2 o 3 días	operario	Botas, guantes, tapabocas, overol,	Palas, baldes, carreta
En caso de verificarse una mala distribución de agua por la presencia de sólidos se deberá proceder a su limpieza, en la limpieza se deberán remover todos los sólidos y llevados al lecho de secado para su estabilización y posterior disposición.				
TRAMPA DE GRASA				

La trampa de grasa debe ser limpiada y consistirá en el retiro del material flotante y del material sedimentable.	semanal	operario	Botas, guantes, tapabocas, overol,	Palas, carreta
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.				
HUMEDAL ARTIFICIAL				
Se debe verificar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal.	Diario			
Verificar que el aumento de residuos no haya bloqueado caminos de flujo, y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos.	semanal	operario	Botas, guantes, tapabocas, overol,	Palas, baldes, carreta
Se deben inspeccionar las estructuras de control de agua de forma regular después de cualquier anomalía en el flujo.	inmediatamente			
Los humedales deben verificarse después de subidas importantes	siempre			

de caudal, ya que pueden afectar el sustrato, particularmente a las estructuras de salida.				
La vegetación debe ser inspeccionada y deben quitarse las especies invasoras.	Semanal			
Se debe evitar que la vegetación llegue al punto de florecimiento y marchitez.	semanal			
Limpiar la flauta que distribuye el agua a la entrada y la que canaliza a la salida.	semanal			
Cortar y retirar de las plantas que conforman el humedal respectivamente.	mensual			
Elaboración de compost con residuos del humedal, con la vegetación que se extrae.	siempre			
Cambiar tubos u accesorios en mal estado.	inmediatament e			
Retirar la basura que se acumula alrededor de las plantas	siempre			

Guía del manual de operación y mantenimiento unidad de especies menores

GUIA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
UNIDAD DE ESPECIES MENORES				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERSONAL	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	MATERIAL DE TRABAJO

La caja de distribución debe ser inspeccionada para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución del agua residual.	Cada 2 o 3 días	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
En caso de verificarse una mala distribución de agua por la presencia de sólidos se deberá proceder a su limpieza, en la limpieza se deberán remover todos los sólidos y llevados al lecho de secado para su estabilización y posterior disposición.				
TUBERÍA DE CONDUCCIÓN				
La limpieza tubería de conducción debe hacerse de acuerdo al flujo de acumulación de residuos Sólidos que se presente.	Semanal o cada 15 días	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
Las heces fecales retiradas deben llevarse a la biofabrica para su posterior tratamiento.	siempre			
Los sedimentos y lodos retirados del canal deben llevarse al lecho de secado para remover el exceso de agua hasta el punto de conservar solo el 10 % de la humedad inicial, luego deberán ser transportados a la biofabrica para continuar con el proceso de tratamiento.	siempre			
REJA PARA RESIDUOS SÓLIDOS.				
Remover los sólidos presentes en la reja de tal manera que estos no pasen a través de la misma.	siempre	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
TANQUE DE IGUALACIÓN.				
se debe remover las natas sobrenadantes para evitar que pasen al rotoplast; y depositarlas en el lecho de secado para su estabilización.	semanal	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
Para la limpieza general del tanque se debe revisar el nivel de lodos sedimentados de igual forma que se mide el nivel de lodos en un tanque séptico, suspender el flujo de entrada, proceder a vaciar el tanque con la ayuda de la moto bomba dirigiendo el flujo hacia el tanque séptico, al llegar al nivel del lodo extraer el 90 % de la cantidad encontrada dejando un 10 % en el tanque				

para inoculo para continuar con el proceso de tratamiento, lavar muy bien paredes y la estructura en general con la ayuda de cepillos y agua a presión.				
SISTEMA MODULAR (TANQUE SÉPTICO Y FAFA)				
TANQUE SÉPTICO				
El tanque séptico debe inspeccionarse y 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.	Cada 6 meses	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
La limpieza inicial o el intervalo entre dos procedimientos 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.	1 vez al año			
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.				
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 el Lecho de secado para su posterior estabilización cal y secado para ser llevado a la biofabrica para finalizar su acondicionamiento que en este caso es el compostaje.				
HUMEDAL ARTIFICIAL				
se debe verificar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal.	Diario	operario	Botas, guantes, overol, tapabocas	Palas, baldes, carreta
verificar que el aumento de residuos no haya bloqueado caminos de flujo, y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos	Diario			
Se deben inspeccionar las estructuras de control de agua de forma regular después de cualquier anomalía en el flujo.	Inmediatamente			
Los humedales deben verificarse después de subidas importantes de caudal, ya que pueden afectar el sustrato, particularmente a las estructuras de salida.	siempre			
Se deben verificar daños, corrosión u obstrucción, de existir, se deben corregir lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.	siempre			
La vegetación debe ser inspeccionada y deben quitarse las especies invasoras.	semanal			
Se debe evitar que la vegetación llegue al punto de florecimiento y marchitez.	siempre			
Para evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales se deben evitar lugares estancados con agua. Cuando el agua está en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.	Siempre			

Limpiar la flauta que distribuye el agua a la entrada y la que canaliza a la salida.	Semanalmente			
Cortar y retirar de las plantas que conforman el humedal respectivamente.	siempre			
Elaboración de compost con residuos del humedal, con la vegetación que se extrae.	Siempre			
Cambiar tubos u accesorios en mal estado.	Inmediatamente			
Retirar la basura que se acumula alrededor de las plantas	siempre			

ANEXO D Caudal de la unidad de ganadería, ordeño y especies menores

ESTABLO entrada (ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
310	8,32	370	4,81	330	7,85	380	6,27	330	2,28	350	3,25	420	6,39
340	8,69	390	5,32	350	7,92	440	6,29	340	2,73	380	3,42	450	6,45
390	9,57	430	5,47	340	8,15	420	6,49	360	2,75	400	3,47	460	6,49
430	10,11	450	5,96	370	8,38	430	6,73	410	2,82	440	3,86	470	6,57
470	10,14	480	6,86	390	8,91	470	6,76	440	3,15	480	3,94	490	7,02
caudal ml/seg													
37,26		76,92		42,04		60,61		144,74		107,69		65,73	
39,13		73,31		44,19		69,95		124,54		111,11		69,77	
40,75		78,61		41,72		64,71		130,91		115,27		70,88	
42,53		75,50		44,15		63,89		145,39		113,99		71,54	
46,35		69,97		43,77		69,53		139,68		121,83		69,80	
41,20		74,86		43,17		65,74		137,05		113,98		69,54	
promedio													

Caudal de salida de la unidad de ganadería

ESTABLO salida(ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V(m)	T(seg)	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
350	25,12	380	38,85	390	44,08	420	45,01	480	49,09	350	34,11	370	39,9
380	28,34	390	39,89	400	44,28	470	45,78	470	49,19	410	33,52	380	39,96
430	30,09	450	48,16	490	46,05	480	45,87	490	49,61	430	33,98	430	40,33
470	30,34	460	48,32	460	45,38	490	46,02	480	49,68	330	34,06	470	40,49
490	30,67	490	48,56	440	45,19	490	46,09	490	49,97	360	34,35	480	40,74
caudal ml/seg													
13,93		9,78		8,85		9,33		9,78		10,26		9,27	
13,41		9,78		9,03		10,27		9,55		12,23		9,51	
14,29		9,34		10,64		10,46		9,88		12,65		10,66	
15,49		9,52		10,14		10,65		9,66		9,69		11,61	
15,98		10,09		9,74		10,63		9,81		10,48		11,78	
14,62		9,70		9,68		10,27		9,74		11,06		10,57	
promedio													

Caudal de entrada de la unidad de ordeño

ORDEÑO entrada (ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
380	3,11	385	3,25	430	4,66	340	3,35	430	8,5	340	8,14	320	7,55
410	3,49	400	3,38	440	4,99	360	3,54	410	7,2	360	8,28	350	8,12
390	3,17	430	3,68	390	5,23	390	3,55	450	10,2	380	8,7	370	8,34
380	3,12	440	4,25	410	4,16	420	3,71	460	10,39	420	9,12	420	9,13
370	3,22	460	4,35	480	5,32	440	3,97	470	10,42	440	9,25	440	9,3
caudal ml/seg													
122,19		118,46		92,27		101,49		50,59		41,77		42,38	
117,48		118,34		88,18		101,69		56,94		43,48		43,10	
123,03		116,85		74,57		109,86		44,12		43,68		44,36	
121,79		103,53		98,56		113,21		44,27		46,05		46,00	
114,91		105,75		90,23		110,83		45,11		47,57		47,31	
119,88		112,59		88,76		107,42		48,21		44,51		44,63	
promedio													

Caudal de salida de la unidad de ordeño

ORDEÑO salida (ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
390	3,27	380	3,15	420	4,55	340	3,35	330	8,09	320	16,29	300	15,37
400	3,39	410	3,55	430	4,92	360	3,54	390	8,68	350	17,04	340	15,54
430	3,47	430	3,78	460	5,1	390	3,55	440	9,18	380	17,36	380	16,28
470	3,61	450	4,13	470	5,16	420	3,71	460	9,31	400	17,72	420	16,47
480	3,72	470	4,18	490	5,32	440	3,97	480	9,55	440	18,02	450	16,64
caudal ml/seg													
119,27		120,63		92,31		101,49		40,79		19,64		19,52	
117,99		115,49		87,40		101,69		44,93		20,54		21,88	
123,92		113,76		90,20		109,86		47,93		21,89		23,34	
130,19		108,96		91,09		113,21		49,41		22,57		25,50	
129,03		112,44		92,11		110,83		50,26		24,42		27,04	
124,08		114,26		90,62		107,42		46,66		21,81		23,46	
promedio													

Caudal de entrada de la unidad de especies menores

PORCINO entrada (ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
340	5,11	350	6,34	340	7,86	380	4,37	380	4,4	370	4,2	370	5,23
360	5,35	370	6,6	350	7,92	410	4,78	400	4,59	400	4,44	390	5,46
340	5,66	410	6,8	410	8,13	430	5,13	420	4,7	420	4,81	420	6,12
380	6,1	430	7,1	420	8,28	440	5,36	430	5,12	430	5,12	440	6,23
390	6,22	450	7,23	440	8,67	470	5,81	450	3,27	450	5,34	460	6,45
caudal ml/seg													
66,54		55,21		43,26		86,96		86,36		88,10		70,75	
67,29		56,06		44,19		85,77		87,15		90,09		71,43	
60,07		60,29		50,43		83,82		89,36		87,32		68,63	
62,30		60,56		50,72		82,09		83,98		83,98		70,63	
62,70		62,24		50,75		80,90		137,61		84,27		71,32	
63,78		58,87		47,87		83,91		96,89		86,75		70,55	
promedio													

caudal de salida de la unidad de especies menores

PORCINO salida (ml/seg)													
LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
390	4,56	390	15,33	440	17,88	370	14,81	480	3,99	340	6,55	340	11,35
400	4,66	420	15,88	450	18,43	390	14,84	440	3,89	350	6,59	370	11,48
430	4,94	460	16,68	480	18,77	400	15,11	490	4,39	360	6,66	380	11,51
460	4,99	470	16,75	470	18,72	440	15,19	420	4,34	390	6,68	400	11,55
490	5,04	490	16,81	460	18,67	460	15,34	470	4,45	430	6,73	440	12,02
caudal ml/seg													
85,53		25,44		24,61		24,98		120,30		51,91		29,96	
85,84		26,45		24,42		26,28		113,11		53,11		32,23	
87,04		27,58		25,57		26,47		111,62		54,05		33,01	
92,18		28,06		25,11		28,97		96,77		58,38		34,63	
97,22		29,15		24,64		29,99		1,06		63,89		36,61	
89,56		27,34		24,87		27,34		88,57		56,27		33,29	
promedio													

