



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO

Título:

**Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de
Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión
Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible

Autor:

Ing. Paredes Salán Mariela Cristina

Tutor:

Ing. Mg. Ortiz Bustamante Vladimir Marconi

LATACUNGA –ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo” presentado por Paredes Salán Mariela Cristina, para optar por el título magíster en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, Julio, 24, 2023

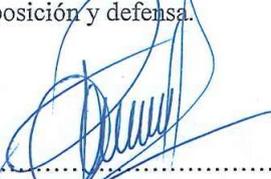


.....
Ing. Mg. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante
C.C. 0502188451

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo” presentado por Paredes Salán Mariela Cristina”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, Julio, 20, 2023



.....
Mg. René Arturo Lara Landázuri
C.C. 0400488011
Presidente del tribunal



.....
Mg. José Luis Agreda Oña
C.C. 0401332101
Lector 2



.....
M.Sc. Isaac Eduardo Cajas Cayo
C.C. 0502205164
Lector 3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas más importantes de mi vida mis hijas Génesis Nahómi y Valerie Sophia, quienes son mi inspiración y mis ganas de vivir día a día.

A mi esposo y amigo Helgi Efrén mi compañero de vida, por estar presente en los momentos donde el estudio y el trabajo, emplearon mi esfuerzo y mi tiempo.

A mis amados padres Luis Paredes y Nelly Salán quienes con su perseverancia y apoyo incondicional me ayudaron en el avance de esta investigación.

A mis hermanas Stephany y Scarleth a quienes con su inocencia han hecho mis días felices.

A mi tía Alicia Salán, quien con su valioso tiempo y amor a cuidado de mis pequeñas para que yo pueda estudiar y trabajar.

Mariela Cristina Paredes Salán

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios por regalarme día a día el don de vivir y ser el mentor y guía espiritual en el desarrollo del presente proyecto.

A mi esposo, y a mis hijas por haberme brindaron su apoyo, me comprendieron, tuvieron tolerancia e infinita paciencia y cedieron su tiempo para que “Mami estudie”, para permitir así llevar adelante un proyecto, mi eterno amor y gratitud hacia ellos.

A mis padres y hermanas por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por inculcar su deseo de superación y progreso. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, bendiciones, enseñanzas y amor.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, de manera especial a mi tutor y lectores, por haberme brindado su colaboración en cuanto a conocimiento y criterio profesional, para mejorar el desarrollo de mi proyecto investigativo, y poder realidad este sueño.

Al GAD Pelileo, por la apertura y apoyo incondicional durante el desarrollo del estudio.

Mariela Cristina Paredes Salán

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, Julio, 20, 2023



.....
Ing. Mariela Cristina Paredes Salán
C.C. 1804282448

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Julio, 20, 2023



.....
Ing. Mariela Cristina Paredes Salán
C.C. 1804282448

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: "Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo" contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la pre defensa.

Latacunga, Julio, 20, 2023



.....
Mg. Renán Arturo Lara Landázuri
C.C. 0400488011

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN
DESARROLLO SOSTENIBLE

Título: “Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo”.

Autor: Ing. Mariela Cristina Paredes Salán

Tutor: Ing. Mg. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante

RESUMEN

A través de la historia las aguas residuales han sido vertidas a los cuerpos de aguas sin tratamiento, la consecuencia es el daño al cuerpo que lo recibe y las graves consecuencias ambientales a los recursos naturales y la población adyacente, es responsabilidad de las autoridades controlar las descargas de aguas residuales a las fuentes hídricas, esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia para la repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal de Pelileo. Para ello se utilizó una metodología de enfoque cualitativo y cuantitativo, del tipo descriptivo que permitió identificar la situación de funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual, se llevó a cabo una caracterización de aguas tomando muestras de las mismas en el punto de descarga del agua tratada, se mantuvo una cadena de custodia para conservar la integridad de las muestras. Los resultados demostraron que las aguas residuales al ingreso a la planta tenían una elevada cantidad de sólidos, grasas y aceites, no obstante, a la salida del tratamiento la cantidad de estos elementos se veía altamente reducida, pero el que el pH del agua era levemente ácido. El principal problema de funcionamiento es la configuración del sistema de lodos activados no es ideal, por lo que se propuso una reconfiguración del sistema de tratamiento de agua residual de la planta. Se concluye que la planta de tratamiento al no tener más de 5 años de funcionamiento no requiere mayores cambios en sus equipos e instalaciones.

PALABRAS CLAVE: Agua residual, Contaminación, Faenamiento, Tratamiento de agua residual.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO
SOSTENIBLE**

Title: "Evaluation of the efficiency for the repowering of the Wastewater Treatment Plant of the Camal Municipal de Pelileo".

Author: Eng. Mariela Cristina Paredes Salán

Tutor: Ing. Mg. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante

ABSTRACT

Throughout history, wastewater has been discharged into bodies of water without treatment, the consequence is the damage to the body that receives it and the serious environmental consequences to natural resources and the adjacent population, it is the responsibility of the authorities to control the discharge of wastewater to water sources, this research aims to evaluate the efficiency for the repowering of the Wastewater Treatment Plant of the Pelileo Municipal Camal. For this, a qualitative and quantitative approach methodology was used, of the descriptive type that allowed to identify the operating situation of the wastewater treatment plant, a water characterization was carried out, taking samples of them at the discharge point of the treated water, a chain of custody was maintained to preserve the integrity of the samples. The results showed that the wastewater at the entrance to the plant had a high amount of solids, fats and oils, however at the exit of the treatment the amount of these elements was highly reduced, but the pH of the water was slightly acid. The main operating problem is the configuration of the activated sludge system is not ideal, thus a reconfiguration of a plant wastewater treatment system was proposed. It is concluded that the treatment plant, having not been in operation for more than 5 years, does not require major changes in its equipment and facilities.

KEY WORDS: Wastewater, Pollution, Slaughter, Wastewater treatment.

Yo Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza, con cédula de identidad número:0503246415 MAGISTER DE LA ENSEÑANZA DEL IDIOMA INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA, con número de registro de la SENESCYT: 1010-2019-2041252; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "Evaluación de la eficiencia para la repotenciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal del Pelileo" de: Mariela Cristina Paredes Salán ,aspirante a Magister en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible

Latacunga, Julio, 19, 2023


.....
Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza
0503246414

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	1
Justificación.....	3
Planteamiento del problema	5
Pregunta de investigación.....	6
Objetivos de la Investigación	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO I.....	7
MARCO TEORICO.....	7
1.1. Fundamentación Teórica	7
1.1.1. Aguas residuales.....	7
1.1.2. Aguas residuales a nivel mundial.....	10
1.1.3. Aguas residuales a nivel de Latinoamérica.....	12
1.1.4. Aguas residuales a nivel nacional	12
1.1.5. Camales o mataderos.....	15
1.1.6. Planta de tratamiento de aguas residuales	17
1.1.7. Proceso de tratamiento de aguas residuales en camales.....	19
1.1.8. Faenamiento de animales en Camales.....	22
1.1.9. Teoría del muestreo	25
1.2. Fundamentación Legal	30
1.2.1. Constitución de la república del Ecuador.....	30
1.2.2. Código Orgánico del Ambiente (2017).....	31
1.2.3. Acuerdo Ministerial N°097-A (2015)	32

1.2.4. Ordenanza que regula el procedimiento administrativo correspondiente a la potestad sancionadora en materia ambiental de la provincia de Tungurahua.	34
CAPÍTULO II.	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. Modalidad o enfoque de la investigación:.....	35
2.2. Tipo de investigación:	36
2.1.1. Descriptiva	36
2.1.2. Documental	36
2.1.3. De campo	36
2.3. Población y muestra	36
2.4. Métodos teóricos y empíricos a emplear.	37
2.4.1. Método de Observación	37
2.5. Técnicas e instrumentos:	37
2.5.1. Revisión de registros.	37
CAPÍTULO III.	42
RESULTADOS	42
3.1. Características generales del Camal Municipal de Pelileo.....	42
3.1.1. Ubicación	42
3.1.2. Descripción del Entorno del Camal	44
3.1.3. Área Incidencia Indirecta	46
3.2. Proceso de faenamiento del Camal de Pelileo.....	48
3.3. Planta de tratamiento de Aguas residuales	50
3.3.1. Instalaciones	51
3.3.2. Infraestructura	51
3.3.3. Caudal	52

3.4.	Proceso de tratamiento	52
3.4.1.	Descripción del Proceso	54
3.5.	Proceso de muestreo	64
3.5.1.	Selección cantidad y localización de los puntos de muestreo.....	64
3.5.2.	Selección de las fechas de muestreo	65
3.5.3.	Selección de la cantidad y tipo de muestras.....	65
3.5.4.	Parámetros para medir y condiciones de muestreo	65
3.5.5.	Cadena de custodia.....	65
3.5.6.	Ensayos de laboratorio	67
3.6.	Resultados de análisis de laboratorio	69
3.6.1.	Resultados generales	76
3.7.	Evaluación de la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento.....	80
3.8.	Propuesta de mejoramiento de la eficiencia de la planta de tratamiento.	81
CAPÍTULO IV.....		105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		105
4.1.	Conclusiones	105
4.2.	Recomendaciones	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		108
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procedencia de las aguas residuales	9
Tabla 2. Composición del agua residual	10
Tabla 3. Tipos de tratamiento en aguas residuales provenientes de camales.....	18
Tabla 4. Límites de Descarga al Alcantarillado Público.....	32
Tabla 5. Uso Potencial del Suelo	45
Tabla 6. Variables climáticas del cantón Pelileo.....	46
Tabla 7. Especificaciones de diseño del tanque ruminal actual	56
Tabla 8. Cadena de custodia para diversos parámetros.....	66
Tabla 9. Cadena de custodia para diversos parámetros.....	67
Tabla 10. Parámetros de eficiencia a la entrada del afluyente	69
Tabla 11. Parámetros de eficiencia a la salida al afluyente.....	72
Tabla 12. Concentraciones inhibitorias en procesos de oxidación biológica.....	79
Tabla 13. Parámetros se eficiencia del sistema de tratamiento	81
Tabla 14. Parámetros de diseño habituales para procesos de fangos activados...	97
Tabla 15. Parte interna la materia orgánica.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso del tratamiento de aguas residuales.....	20
Figura 2. Proceso de faenamiento de animales	23
Figura 3. Terreno del centro de Finamiento.....	43
Figura 4. Ubicación del centro de Finamiento.....	43
Figura 5. Planta de tratamiento de Aguas residuales del Camal de Pelileo	50
Figura 6. Proceso de tratamiento de Aguas residuales del Camal de Pelileo	52
Figura 7. Flujograma del proceso de tratamiento de Aguas residuales	53
Figura 8. Cajón Repartidor o Criba.....	54
Figura 9. Tanque Ruminant-Homogeneizador.....	55
Figura 10. Separador de sólidos y tanque elevado.....	57
Figura 11. Cámara de Entrada.....	58
Figura 12. Sedimentador Primario	59
Figura 13. Sistema de Flotación de aire disuelto	60
Figura 14. Blower Aireador	60
Figura 15. Tanque cisterna.....	61
Figura 16. Bomba de Lodos.....	62
Figura 17. Tanque sedimentador.....	62
Figura 18. Lecho de secado.....	63
Figura 19. Ubicación de los puntos de muestreo	64
Figura 20. Configuración actual de la PTAR.....	78

Figura 21. Determinación del caudal para faenamiento porcino	82
Figura 22. Determinación del caudal para faenamiento vacuno	83
Figura 23. Diseño del tanque de almacenamiento	85
Figura 24. Diseño del cooker o digestor.	88
Figura 25. Sistema para la deshidratación de sangre	89
Figura 26. Tanque de almacenamiento actual de la planta de tratamiento	90
Figura 27. Efluente del Camal de Pelileo previo a la prueba de laboratorio	92
Figura 28. Flóculos después de la prueba de laboratorio.....	93
Figura 29. Esquema del reactor tipo carrusel.....	94
Figura 30. Diagrama de flujo del tratamiento secundario.....	95
Figura 31. Esquema del filtro lento de arena.	101
Figura 32. Sección del filtro lento.....	102

Título del Proyecto: Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo.

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local. - Sostenibilidad ambiental.

Proyecto de investigación asociado: Desarrollo de la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental en comunidades de la Zona 3 del Ecuador.

Grupo de Investigación: Sostenibilidad ambiental

INTRODUCCION

Los problemas ambientales a nivel mundial en la actualidad requieren del uso de recursos naturales de manera sostenible, además es necesario esfuerzos políticos para que se dé una gestión eficiente de estos recursos, el papel de una sociedad que haga conciencia de los efectos que producen la contaminación al ambiente es importante (Bolaños et al., 2017).

A través de la historia las aguas residuales han sido vertidas a los cuerpos de agua sin previo tratamiento, cuya consecuencia es el daño al cuerpo que lo recibe y las graves consecuencias ambientales a los recursos naturales y la población adyacente (Galindo et al., 2020).

Las aguas residuales se refieren al agua contaminada con elementos tóxicos, materia orgánica y organismos microscópicos patógenos de los desechos humanos y las acciones industriales que surgen de una industria o comunidad determinada (Chávez, 2017). Se debe tener en cuenta que el sector manufacturero no solo es el sector que más consume, es también el sector que más contamina.

Por otra parte, en el planeta más del 80% de los residuos contaminantes se generan en las naciones primermundistas o industrializadas, y al mismo tiempo el 70% de los residuos de las fábricas de los países en desarrollo son vertidas en los recursos hídricos sin ningún tratamiento, contaminando de esta manera estos recursos utilizables.

Se estima que para el año 2025 el consumo de agua industrial alcance los 1170 km³/año, con respecto a los 752 km³/año de 1995 (Bolaños et al., 2017).

El saneamiento ha mejorado significativamente en Ecuador durante los últimos 13 años. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, en 2010 el agua potable estaba disponible para el 72,7% de la población y los servicios de alcantarillado para el 63,4% (Antúnez & Guanoquiza, 2018). El país ha alcanzado los Objetivos de Desarrollo del Milenio para agua y saneamiento (Ortiz et al., 2018), se debe dar más prioridad al saneamiento rural ya que este aún requiere una

inversión significativa, particularmente en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Dado que los resultados y problemas de la contaminación del agua se manifiestan en una serie de patologías provocadas por virus, parásitos y bacterias que provocan diarreas y mala calidad del agua que conduce a la disminución de la biodiversidad acuática (Chávez, 2017).

Es obligación de las autoridades, nacionales, estatales y cantonales garantizar que el agua utilizada en servicios domésticos e industriales sea tratada adecuadamente antes de ser descargada en ríos, lagos o lagunas con el fin de reducir los niveles de materias orgánicas, contaminante y todo elemento que pueda afectar al ambiente o a la salud de las personas.

Debemos considerar que el agua es considerada como un derecho y una responsabilidad, con valor social, económico y ambiental, por lo que todo habitante, toda empresa, industria debe ser consciente de que el agua dulce pura es un recurso natural que cada día es más escaso tanto en la superficie como en el subsuelo del planeta, y es de gran importancia no solo para el desarrollo económico, sino también para la vida en todas sus formas que se dan en el medio ambiente (Ortiz et al., 2018).

Conocemos que la industria es el motor del desarrollo económico y la base del adelanto social, no obstante, la necesidad de incrementar los procesos de producción a menudo excluye la protección ambiental de la planificación.

Aunando a lo anterior, el tratamiento adecuado de las aguas residuales industriales y domésticas, y su reutilización posterior para variados propósitos aporta al consumo razonable de agua y la recuperación ambiental. Este proceso es primordial para conservar la calidad de vida actual, sin embargo, los productos residuales de dichas actividades presentan varios riesgos los para seres humanos y el medio ambiente.

En efecto los municipios, prefecturas, como unidades de vigilancia y control, deben implementar con recursos propios o administrados programas, planes, y proyectos

para la solución de problemas locales y la limitación de la contaminación ambiental causada por la descarga de aguas residuales en áreas inadecuadas.

El cantón de Pelileo ha sido tradicionalmente una ciudad especializada en la producción y comercialización de diversos productos ganaderos y agrícolas. La Feria del Cantón Pelileo es una de las ferias de más importancia del centro del país, principalmente en el área de comercialización de ganado, donde se vende ganado de diferentes estados y provincias limítrofes (GAD Pelileo., 2022). Asimismo, cada semana se sacrifica elevada cantidad de ganado de todo tipo y se comercializa a nivel local, regional y nacional.

El faenamiento se lleva a cabo en las instalaciones e infraestructura del camal municipal de la ciudad de Pelileo, las cuales funcionan desde hace aproximadamente 16 años, para satisfacer las necesidades productivas que demanda la población. El gran caudal de agua, que era necesario para garantizar el funcionamiento integral del matadero, así como la necesidad de cumplir con los parámetros especificados para el vertido de aguas residuales a la red pública de alcantarillado, permitió la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el año 2018. Su finalidad es aumentar la calidad de los procesos técnicos y medioambientales que se llevan a cabo en el matadero, no obstante, la planta no ha sido analizada y no se ha determinado si su funcionamiento es el adecuado o si logra descontaminar correctamente el agua residual.

Con un enfoque a una mejor calidad de vida y a un mejor tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Pelileo, se ha optado por realizar la presente investigación; que analiza las probables alternativas para la repotenciación del sistema de tratamiento de aguas residuales cuyo objetivo es el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente adicional; minimiza los impactos secundarios que se pueda producir en la población aledaña.

Justificación

Actualmente uno de los problemas ambientales de más relevancia es la contaminación de los recursos hídricos ocasionados por las aguas residuales que no

reciben un tratamiento adecuado. Este es el caso del cantón Pelileo, en donde las aguas residuales generados por el faenamiento de animal en el camal municipal son transportadas a la planta de tratamiento propia de dicha instalación, las cuales después son vertidas al alcantarillado público en condiciones desconocidas.

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en su Art. 264. determina que: Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: numeral 4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

La presente investigación es de gran importancia debido que busca proponer una alternativa de repotenciación para la Planta de Tratamiento de aguas del Camal Municipal de Pelileo y con ello cumplir con los estatutos establecidos en el Art. 14.- de la Constitución de la república, y con ello se podrá brindar a las poblaciones aledañas del camal vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sin comprometer su salud.

Al mismo tiempo mediante la propuesta de repotenciación se busca mejorar la calidad de agua y aportar con la conservación del recurso hídrico y con ello evitar la contaminación de las aguas descargadas al alcantarillado público y posteriormente al río, hasta un nivel que pueda perturbar y alterar el equilibrio ecológico del medio ambiente, beneficiando al ecosistema en general.

Por otra parte, los principales beneficiarios de este trabajo de investigación serán las comunidades aledañas al camal Municipal de Pelileo y al río Patate, ya que se buscará incrementar la calidad de vida de los moradores. Al mismo tiempo la propuesta diseñada será de gran utilidad para las autoridades a cargo, ya que tendrán información válida para poder solucionar los problemas ambientales.

La presente investigación es de gran relevancia, ya que busca ser una alternativa técnica para las autoridades a cargo de la planta de tratamiento del camal de Pelileo, ya que presenta medidas de repotenciación que pueden ser implementadas.

Conjuntamente, es relevante debido a que servirá como modelo y guía, para otras plantas de tratamiento, que puedan utilizar la información presentada.

Planteamiento del problema

En Ecuador, de acuerdo con la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, (2013) se afirma que: “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” es una meta del plan del buen vivir. No obstante, ello no se cumple adecuadamente y tampoco en todos los aspectos por culpa de la contaminación existente en la nación, especialmente a los recursos hídricos. Problema que se genera ya que las aguas residuales son descargadas de forma directa a un cuerpo receptor sin que tengan un tratamiento adecuado.

En el cantón Pelileo, ubicado al este de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua, en la región Sierra, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 1°19'50 de latitud sur y 78°32'34" de longitud oeste, a una altura media de 2600 m.s.n.m. De acuerdo con el GAD Municipal de Pelileo, (GAD Pelileo., 2022), señala que una de los principales problemas que tienen a nivel medio ambiental es la elevada cantidad de aguas residuales originadas por las industrias del cantón, donde resalta el camal municipal que en los últimos años no ha logrado tratar correctamente las aguas residuales.

Esta planta se encarga principalmente de tratar las aguas generadas por la práctica de faenamiento animal. Al principio del funcionamiento de la planta no se contempló el llevar a cabo un plan de monitoreo del vertido al cuerpo de agua, lo que transformaba al producto del tratamiento, en una incógnita de verdad. Pero en los años 2019,2020 y 2021 se llevaron a cabo monitoreos semestrales, exclusivamente dirigidos a determinar el nivel de la materia orgánica, detectándose un considerable nivel de elementos contaminantes al cuerpo receptor.

Además, desde la inauguración de la planta hasta el año 2023 no se ha llevado a cabo ningún análisis del funcionamiento de la planta, por lo que no se ha podido demostrar si su funcionamiento es eficiente o si requiere de una repotenciación, por lo que se requiere de manera obligatoria llevar a cabo un análisis de la calidad de

agua y eficacia de la planta para poder garantizar que las aguas vertidas al sistema de desagua poseen las características adecuadas para no afectar al medio ambiente y la calidad de vida de las personas.

Pregunta de investigación

El Cumplimiento parcial de las normativas técnicas y ambientales en vigencia, los problemas de operación en los sistemas de producción y tratamiento, el espacio limitado para la expansión de capacidad operativa, la acumulación de inconvenientes socio ambientales, inciden en la falta de eficiencia hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Pelileo.

¿Es necesario llevar a cabo una repotenciación de la Planta de tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo, que ayude a mejorar la eficacia del proceso de tratamiento de aguas residuales?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

⇒ Evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal del Cantón Pelileo para su repotenciación.

Objetivos Específicos

- ⇒ Determinar las características de las aguas residuales generadas en el Camal Municipal del Cantón Pelileo.
- ⇒ Valorar mediante monitoreo la calidad del agua a la salida de la Planta de Tratamiento para conocer su eficiencia.
- ⇒ Proponer un sistema de repotenciación en la Planta de Tratamiento de Agua residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentación Teórica

1.1.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son un tipo de agua que es utilizada por el ser humano en diversas actividades y produce contaminantes tóxicos que alteran y cambian la naturaleza de los ecosistemas en el medio ambiente. Existen muchos tipos diferentes de agua contaminada, dependiendo de los contaminantes que contengan y de cada uno de ellos requiere su propio proceso de tratamiento. El tratamiento tiene como finalidad reducir la contaminación ambiental y la salud humana (Galindo et al., 2020).

Osorio et al. (2021) definen a las aguas residuales como aguas que contienen impurezas provenientes de actividades de drenaje de diversas fuentes, especialmente aguas domésticas e industriales. De esta forma, las aguas residuales pueden contener contaminantes de residuos municipales o industriales. Cabrera et al. (2017) mencionan que las aguas residuales municipales generalmente se conducen a través de sistemas de alcantarillado y se tratan en plantas de tratamiento de aguas residuales para su filtración antes de ser vertidas, aunque esto no siempre es así en todos los países.

Por otra parte, se conoce que los efluentes residuales están contaminados con sustancias tóxicas y químicos que tienen efectos negativos sobre los ecosistemas naturales y la salud humana, debido al impacto de la contaminación y cambios en las propiedades físicas y químicas del agua, por lo que es necesario aplicar medidas

de tratamiento para evitar y reducir aguas residuales contaminadas llamadas aguas residuales, industriales, aguas residuales, agua doméstica y de la ciudad y agua para proporcionar calidad de vida a las personas (Quiroz et al., 2019).

La composición de las aguas residuales tiene propiedades químicas, físicas y biológicas y varía de acuerdo al uso de la fuente de agua que utiliza, el transporte de aguas residuales para desechos domésticos e industriales depende completamente de las operaciones de la empresa, lo que conlleva a la generación de sustancias peligrosas. como los metales pesados. Produce materiales orgánicos ambientalmente variables que deben ser tratados para evitar la contaminación (Cabrera et al., 2017).

En tal sentido, las aguas residuales contienen altas concentraciones de contaminantes, siendo los más importantes: materia orgánica, aceite, grasas, amoníaco, metales pesados, nitrógeno, fósforo y coliformes, que contaminan las aguas superficiales y subterráneas (lagos, mares, océanos y ríos). Estos residuos contaminados provienen de la industria, el hogar, la ganadería, la minería, etc. (Galindo et al., 2020).

Además, las principales fuentes de aguas residuales son fuentes domésticas, agrícolas, industriales y recreativas (como se mencionó anteriormente, pero no se limita a ellas). Su contenido y propiedades dependen del uso del agua suministrada y es esto lo que se tiene en cuenta para la realización del diseño y para saber qué procedimiento se debe realizar (Menéndez & Dueñas, 2018).

Dependiendo del lugar de procedencia, las aguas residuales se pueden catalogar en domésticas, negras, grises e industriales tal como se observa en la tabla 1:

Tabla 1

Procedencia de las aguas residuales

Procedencia	Tipo de procedencia	Características
Domestico urbano	Urbano/Comercial	Se trata del uso de agua en las viviendas
Aguas negras	Inodoros	Contiene excrementos humanos y orina
Aguas grises	Limpieza	De lavado de manos, lavadora, duchas
Industrial	Mataderos, Camal, Industrial, Minería	El agua se utiliza para un desarrollo productivo, lavado, limpieza
Agraria	Agricultura/ganadería	El uso es en regadío, alimentación de animales
Municipales	Domestico/pluvial/industrial	Es una combinación que depende de cada municipalidad

Nota: En la tabla 1 se pueden ver los distintos tipos de aguas residuales. **Fuente:** Adaptado de (Galindo et al., 2020).

1.1.1.1.Composición del agua residual

El agua residual está compuesta principalmente por un 99,9% de agua en estado potable y un 0,1% en peso de sólidos disueltos o en suspensión. Se ha informado que el 0,1% es lo que se necesita eliminar para que el agua se pueda reutilizar. El agua actúa como portador de estos sólidos, que pueden disolverse, suspenderse o flotar en la superficie del líquido (Osorio et al., 2021).

Todos estos componentes modifican la calidad del agua, son perdurables en el tiempo y son difíciles de degradar afectando a los ecosistemas naturales, dichos componentes se pueden ver en la tabla 2.

Tabla 2

Composición del agua residual

Orgánico	Inorgánico	Gases
Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	Cloruros	Nitrógeno N ₂
Demanda química de oxígeno (DQO)	Alcalinidad y Basicidad (pH)	Oxígeno O ₂
Carbono Orgánico total	Nitratos	Dióxido de carbono CO ₂
Grasas y aceites	Metales pesados	Sulfuro de Hidrogeno H ₂ S
Bacterias	Azufre	Amoniaco
Microorganismos y Proteínas	Fósforo	Metano CH ₄

Nota: En la tabla 2 se pueden ver los componentes modifican la calidad del agua, que son perdurables en el tiempo y son difíciles de degradar. **Fuente:** Adpatado de Cascaret et al. (2009).

1.1.2. Aguas residuales a nivel mundial

Los efluentes contaminados a nivel mundial tienden a incrementarse debido al crecimiento exponencial de las actividades industriales y al crecimiento poblacional, Los autores utilizan estadísticas nacionales para estimar los volúmenes de producción, recolección, tratamiento y reutilización de aguas residuales (UNWATER, 2020). Se conoce que cada año se producen alrededor de 359 mil

millones de metros cúbicos de aguas residuales, lo que equivale a 144 millones de piscinas olímpicas, además alrededor del 48 por ciento de esa agua se libera actualmente sin tratamiento. Esto es mucho más bajo que la cifra del 80 por ciento citada con frecuencia (ONU, 2017)

En la mayoría de los países, para combatir este factor generalizado, promueven medidas de mitigación a través de proyectos de conciencia ambiental y el desarrollo de nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales. En los países desarrollados promueven el tratamiento de alrededor del 70% de las aguas residuales industriales y municipales, mientras que, en los países menos desarrollados, el 38% tiene algún tipo de tratamiento. A nivel mundial, el 80 % de las aguas residuales sin tratar se vierte directamente en fuentes naturales de agua dulce y, en última instancia, en los mares y océanos, lo que genera impactos ambientales negativos (Grupo del Banco Mundial, 2019)

La Organización Mundial de Salud (OMS, 2022), cree que las aguas residuales contienen patógenos que causan patógenos en los organismos vivos y que las aguas residuales deben analizarse y compararse con los estándares y criterios de calidad del agua para elegir un método de tratamiento adecuado y lograr una mayor eficiencia en el proceso de tratamiento. reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente. Es por esto que diferentes industrias alrededor del mundo se han unido para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, uno de los cuales es el Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento”, en el que proponen diferentes alternativas para el tratamiento de aguas residuales.

Se requiere un cambio de paradigma importante hacia una economía circular para lograr un saneamiento sostenible. Las aguas residuales no deben verse como una carga para los gobiernos y la sociedad, sino como una oportunidad económica que puede convertirse en un recurso valioso. Las aguas residuales se pueden utilizar para extraer energía, agua limpia, fertilizantes y nutrientes que pueden ayudar a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (OD) (OMS, 2022).

1.1.3. Aguas residuales a nivel de Latinoamérica

Según el Grupo del Banco mundial (2019, En América Latina, solo el 30% de las aguas residuales se tratan por completo y el 70% fluye directamente a los ríos y desemboca fácilmente en el mar. En América Latina, la contaminación de las aguas residuales de los mataderos continúa teniendo impactos negativos en los ecosistemas naturales, sin embargo, en algunos países existen regulaciones ambientales, pero falta educación ambiental y no se promueven estrategias de desarrollo de producción más limpia. El 99% de los mataderos o mataderos sin tratar desembocan en arroyos o ríos, y el 93% de los mataderos de ciudad tienen una concentración de sólidos totales (87,3%) DBO5 (92,3%) y DQO alta. (70,7%) Contaminación de fuentes de agua utilizadas para consumo humano en diversos ámbitos.

1.1.4. Aguas residuales a nivel nacional

Ecuador tiene muy pocas ciudades con sistemas de tratamiento de aguas residuales, y de las 215 ciudades administradas centralmente del país, solo el 62% tiene sistemas de tratamiento de aguas residuales y el resto no trata aguas residuales. Sierra cuenta con la mayor cantidad de plantas procesadoras por encima del 50%. Zonas costeras 31% y 18,5% en la Amazonía, 0,5% en las islas (Morales et al., 2022). En Ecuador y otros países de América Latina, existen leyes y reguladores de calidad ambiental, y a pesar de estas herramientas favorables, se ha observado que no cuentan con un adecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales de los mataderos, más allá de los máximos permisibles para los cuerpos de agua: DBO5, DQO, Sólidos Totales, causa consistentemente impactos ambientales negativos (Velasco et al., 2019).

1.1.4.1. Composición de las Aguas Residuales

Bolaños et al. (2017), mencionan que debido a la diversidad de componentes, las aguas residuales pueden clasificarse como aguas contaminadas con componentes químicos, físicos y biológicos, es necesario identificar la fuente de las aguas

residuales para determinar los procesos de tratamiento y operar de manera más eficiente y económica

Por otra parte, los mataderos o canales generan aguas residuales con parámetros importantes a evaluar como son DQO, Aceites y Grasas, pH, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, turbiedad, temperatura, sólidos y conductividad (Cabrera et al., 2022).

a) Parámetros físicos

La propiedad física más importante de las aguas residuales es el contenido de sólidos totales, término que incluye materia en suspensión, sedimento, coloide y materia disuelta. Otras propiedades físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbidez (Camacho et al., 2020).

Temperatura: La temperatura es un parámetro importante porque influye directamente en las reacciones químicas, así como en la velocidad de reacción, afecta tanto a los ecosistemas acuáticos como terrestres (Camacho et al., 2020). La temperatura de las aguas residuales suele ser mayor que la temperatura del agua que ingresa al sistema de abastecimiento debido al uso de agua caliente en los procesos industriales (Pinheiro et al., 2019)

pH: Es un parámetro de gran importancia que determina la calidad de agua residual, los procesos de tratamiento biológico se desarrollan en un rango estrecho y crítico de (5,5 – 9,5) aunque algunos microorganismos pueden vivir en valores extremos de pH (Medrano et al., 2021).

Turbidez: La turbidez es causada por desechos sólidos y partículas en suspensión, que contienen arcilla, limo, materia orgánica y microorganismos que provocan el oscurecimiento del agua (Pinheiro et al., 2019).

Color: El agua residual utilizada para los sólidos en suspensión y las sustancias en solución se denomina color aparente, y el color de las sustancias disueltas se denomina color verdadero, lo que da una estimación del agua remanente (Pinheiro et al., 2019).

Olor: Las aguas residuales descargan gases con olores desagradables debido a la descomposición de la materia orgánica; Cuanto más tiempo se descompone, más fuerte es el olor (Medranot al., 2021).

Conductividad: El agua puede transportar una corriente eléctrica, y depende de la concentración total de iones disueltos, y se usa ampliamente en el análisis de agua para la determinación rápida del contenido de sólidos disueltos (Rueda et al., 2019)

b) Parámetros Químicos

Los productos químicos como los pesticidas, los tensioactivos (detergentes), los metales inorgánicos y los compuestos químicos también provocan una grave contaminación cuando las tormentas y la escorrentía arrasan las tierras de cultivo (Medranot al., 2021). Estos factores también surgen de la minería, las carreteras y la demolición urbana.

Estos parámetros son clasificados en orgánicos e inorgánicos

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Está determinada por la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica degradable en un periodo de 5 días y a una temperatura de 20 °C (Pinheiro et al., 2019).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica y los compuestos inorgánicos, mediante una reacción química (Pinheiro et al., 2019).

Aceites y Grasas: Son sustancias insolubles, en contacto con el agua flotan a la superficie formando espuma, cremas y una capa (Camacho et al., 2020). En la industria, la grasa es la principal grasa utilizada, lo que dificulta el procesamiento físico. Y químicamente, no dejan pasar la luz. Mediante producción de agua o dióxido de carbono, provocando deficiencias en los procesos biológicos anaeróbicos (Medranot al., 2021).

Sólidos: Se define como todos los sólidos que quedan como residuos después del secado o evaporación del material. Los sólidos se definen como sólidos disueltos y sólidos suspendidos en las aguas residuales (Medranot al., 2021).

Detergentes: Son productos químicos que se utilizan en las aguas residuales domésticas e industriales y actúan como contaminantes cuando se vierten en las aguas residuales, creando problemas en el tratamiento de aguas residuales (Medranot al., 2021).

Nitrógeno: Junto con el fósforo, se considera un alimento esencial para los microorganismos y las plantas, contribuye al agotamiento del oxígeno en el agua, la formación de amoníaco, que es descompuesto por las bacterias (Camacho et al., 2020).

Fósforo: Es un sustrato necesario para el crecimiento microbiano, lo que hace que crezcan algas en el agua receptora, lo que provoca el agotamiento del oxígeno (Camacho et al., 2020).

c) **Parámetros Biológicos**

Las aguas residuales contienen una amplia gama de microorganismos que mantienen la actividad biológica, y su crecimiento y desarrollo depende de factores como la temperatura, el pH, la materia orgánica y los nutrientes (Medranot al., 2021). (Medranot al., 2021).

1.1.5. Camales o mataderos

Para matadero o cámara frigorífica, la instalación está totalmente equipada con sistemas, equipos y máquinas adecuadas para el sacrificio, manipulación, procesado, tratamiento primario y conservación de los diferentes tipos de matadero, productos. Cuando la cantidad sea apta para su uso industrial. Dispondrán de sistemas de refrigeración industrial a la altura de su tamaño (Borja et al., 2019).

El matadero tiene por objeto obtener carne de forma higiénica y técnica mediante la manipulación humana de los animales desde que llega al matadero hasta que es obtenida por el consumidor final a través del matadero mediante el uso de

tecnologías de sanidad animal. Sacrificio, preparación y distribución mediante estricta separación de procesos “limpios” y “sucios” (Quishpe et al., 2020). También facilita la inspección cuidadosa de la carne y la gestión adecuada de los desechos resultantes, para eliminar cualquier riesgo potencial de que la carne contaminada pueda llegar al público o contaminar el medio ambiente (Borja et al., 2019).

1.1.5.1. Tipos de camal

Los camales, llamados también mataderos se pueden clasificar en los tipos siguientes (Quishpe et al., 2020):

- a. Camales de administración pública local (municipales).
- b. Camales de cooperativas de productores.
- c. Camales pertenecientes a las empresas comerciales de tipo privado.
- d. Órgano paraestatal encargado de la facilitación regional/nacional de los servicios necesarios

1.1.5.2. Funciones que desempeñan

Las funciones específicas de los mataderos municipales, como en el caso de Pelileo, están determinadas principalmente por la necesidad de controlar la comercialización y el sacrificio en condiciones que aseguren que se especifican determinadas características en la normativa respectiva, incluyendo la limpieza de la carne que se expende bajo techo. condición (AGROCALIDAD, 2018).

En cuanto a la exhibición, la siguiente información se puede considerar capaz de evaluar el número de vacas grandes y pequeñas que ingresan al mercado, donde la tasa de ingreso al matadero es alta (Borja et al., 2019).

1.1.5.3. Aguas residuales de los camales o mataderos

El agua de matadero se clasifica como agua residual industrial debido a su alto contenido de materia orgánica resultante del sacrificio de animales: vacas, cerdos, aves y ganado para consumo humano. Estas aguas residuales son muy peligrosas para los ecosistemas naturales debido a que contienen mucha materia orgánica,

bacterias y microorganismos que no son tratadas adecuadamente y son descargadas a los arroyos, riachuelos, ríos y mares, lo que genera impactos negativos directos o indirectos en la salud y el medio ambiente, por lo tanto, es necesario promover una producción más limpia con alternativas respetuosas con el medio ambiente y reducir la contaminación y los costes de producción (Rodríguez et al., 2020).

El agua de matadero contiene compuestos orgánicos esenciales que crean condiciones para el crecimiento de microorganismos que afectan la salud de las personas, generan olores y la aparición de roedores, animales mediadores de enfermedades que afectan la calidad de vida de las personas (Sanchez, 2018). Estas aguas residuales industriales también pueden contener protozoos, virus y bacterias que provienen de animales infectados que son sacrificados y si no se tratan adecuadamente, estas aguas residuales pueden viajar a través de la cadena alimentaria causando daños, afectando la salud humana y causando la muerte (Cabrera et al., 2017)

1.1.6. Planta de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales es un sistema técnico encargado de tratar el agua para que pueda ser utilizada para diversos fines. Una variedad de actividades físicas, químicas y biológicas se utilizan en el proceso de tratamiento con el objetivo de eliminar o reducir la contaminación del agua (Cabrera et al., 2017).

Aunque se pueda pensar que el agua sólo se trata para que sea apta para el consumo humano y animal, lo cierto es que también lo es para otros fines; Por lo que los tratamientos se pueden clasificar en: purificación y depuración (Galindo et al., 2020).

Por otra parte, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Domésticas e Industriales y las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son un requisito importante para sostener la vida en el planeta Tierra y cuidar los recursos hídricos. Con el tiempo, los métodos y aplicaciones de tratamiento de aguas residuales han mejorado. Muchas de estas tecnologías de tratamiento de agua

permiten recuperar recursos y crear un valor significativo para los residuos generados (Velasco et al., 2019).

Cabrera et al. (2017) menciona que una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR tiene como meta limpiar las aguas residuales para que puedan ser devueltas de forma segura a nuestro medio ambiente.

- **Elimina sólidos:** plásticos, trapos y desechos, arena y pequeñas partículas que se encuentran en las aguas residuales.
- **Reducción de materia orgánica y contaminantes:** Las bacterias beneficiosas y otros microorganismos naturales consumen la materia orgánica en las aguas residuales y luego la separan del agua.
- **Recuperación de oxígeno:** El tratamiento asegura que el agua que regresa a nuestro río o lago tenga suficiente oxígeno para sustentar la vida.

Además, el tratamiento del agua de matanza incluye una serie de procesos químicos, físicos y biológicos para eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua y el propósito del tratamiento es producir agua limpia y reutilizable, para lo cual que hace uso de diferentes métodos o tipos, tal como se observa en la tabla 3 (Velasco et al., 2019).

Tabla 3

Tipos de tratamiento en aguas residuales provenientes de camales

Procesos	Tipos	Funciones
Pre tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Cribado • Sedimentación 	Se encarga de la remoción física de sólidos que se encuentran en los efluentes, mediante rejas, tamices, trituradores y desarenadores.

Tratamiento Primario	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación primaria • Precipitación química 	Sedimentación de sólidos contaminantes y partículas que se coagulan formando flóculos.
Tratamiento Secundario	<ul style="list-style-type: none"> • Lagunas de estabilización • Lodos activados • Lagunas aireadas 	Son tratamientos biológicos y químicos que se emplean para eliminar la materia orgánica y evitar el crecimiento de microorganismos.
Tratamiento Terciario	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección • Biofiltros 	Operación unitaria adicional para eliminar componentes específicos como el N y P

Nota: En la tabla 3 se puede ver las etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales. **Fuente:** Adpatado de Cabrera et al. (2017).

1.1.7. Proceso de tratamiento de aguas residuales en canales

Chávez (2017), menciona que se deben respetar las alternativas de tratamiento basadas en la calidad del agua, particularmente para operaciones pequeñas o medianas, remoción de aceites y grasas con sólidos en suspensión, mientras que, para plantas más grandes, remoción de aceites y grasas, sólidos químicos en suspensión que requieren oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el proceso de tratamiento puede observar en el diagrama de la figura 1.

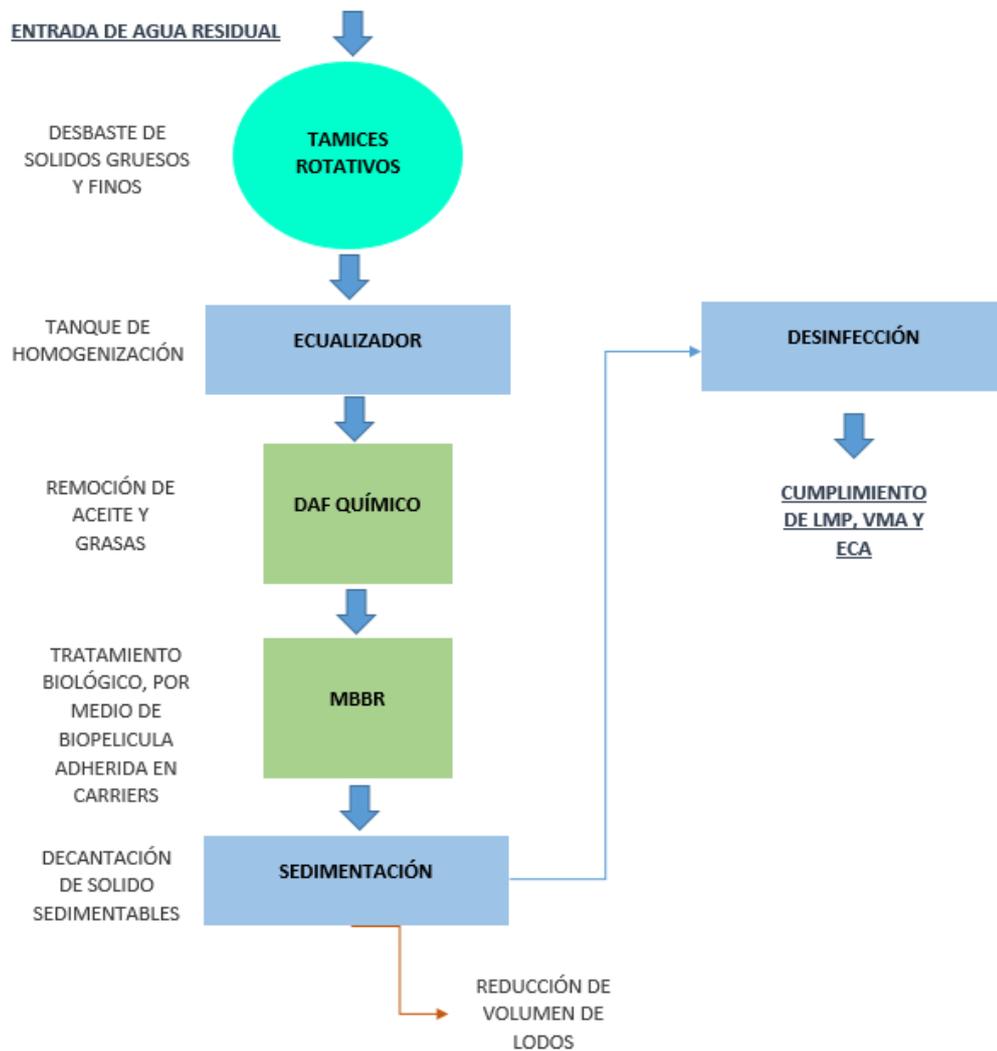
Por otra parte, las aguas residuales de los mataderos que se descargan en las aguas superficiales o subterráneas crean problemas, ya que los compuestos de nitrógeno provocan la eutrofización y el crecimiento de algas, lo que permite que los niveles de oxígeno disuelto disminuyan, lo que provoca escasez de gas en las áreas. La ventaja de la biodegradación permite que la biorremediación sea una opción técnica y económica viable (Menéndez & Dueñas, 2018).

El tratamiento anaeróbico es 60-90% efectivo en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y menor consumo de energía, sin embargo, no

permite reducir la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) cuando el tratamiento aeróbico muestra hasta un 90% más de eficiencia con mayor energía consumo debido a la aireación y permite reducir los nutrientes en la formación de hipoxia (Lozano, 2016).

Figura 1

Proceso del tratamiento de aguas residuales



Nota: en la figura 1 se observa el proceso de tratamiento del agua residual, mismo que incluye actividades como el desbaste de sólidos, la homogenización, remoción de aceites y grasas, biológico y decantación de sólidos. **Fuente:** Adaptado de (Lozano, 2016).

A continuación, se describen los procesos de la figura 1 del tratamiento de agua residuales provenientes camales.

a. Pretratamiento

Tratamiento mecánico mediante tamizado con tamiz rotativo (rotary screen) o tamiz giratorio con malla de 3 a 6 mm que permite la retención de sólidos (Menéndez & Dueñas, 2018).

b. Ecuilizador

Tanque de almacenamiento intermedio del efluente para la regulación del caudal y ajuste de pH. Esto permite poder homogenizar la carga contaminante (Menéndez & Dueñas, 2018).

c. Flotación de aire disuelto (DAF químico)

El tratamiento físico y químico permite la separación de aceites y grasas, así como sólidos en suspensión por flotación utilizando burbujas de aire que varían en tamaño de 30 a 50 micras (Menéndez & Dueñas, 2018). Por lo general, se necesita una cantidad de coagulante (cloruro de hierro) y un agente de floculación para eliminar químicamente el fósforo (ortofosfato) (Lozano, 2016).

d. Reactor de biofilm de lecho móvil (MBBR)

La biorremediación aeróbica permite la remoción de nutrientes como (nitrato, nitrito, etc.) con vectores preferenciales por su alta especificidad de área superficial ($\geq 900 \text{ m}^2/\text{m}^3$) y su tolerancia a cargas variables, reduciendo el contenido químico de oxígeno (DQO) (Lozano, 2016). En estos sistemas, la circulación de lodos no es necesaria porque la biomasa se forma alrededor de los vectores, que representan alrededor del 30-70% del volumen total. Se recomienda que la concentración de aceites y grasas sea de 30ppm (Menéndez & Dueñas, 2018).

e. Sedimentación

La sedimentación es el proceso en el que los sólidos sedimentados se eliminan del agua debido a su densidad y volumen. El uso de un nivelador de placa es popular debido a su pequeño tamaño y al menor tiempo de sedimentación de las partículas, alcanzando tasas de aumento de hasta 5 veces la tasa de sedimentación. Se recomienda reducir el volumen, espesor y/o deshidratación de los lodos generados por la decantación (Lozano, 2016).

f. Desinfección

La desinfección permite reducir el contenido microbiano de las aguas residuales mediante el uso de hipoclorito de sodio, rayos UV u ozono; sin embargo, el uso frecuente de hipoclorito de sodio porque permite la formación de residuos asegura un proceso de transporte sin perturbaciones. Se recomienda utilizarlo en agua con un pH entre 6 y 7 para una mayor eficacia (Menéndez & Dueñas, 2018).

1.1.8. Faenamiento de animales en Camales

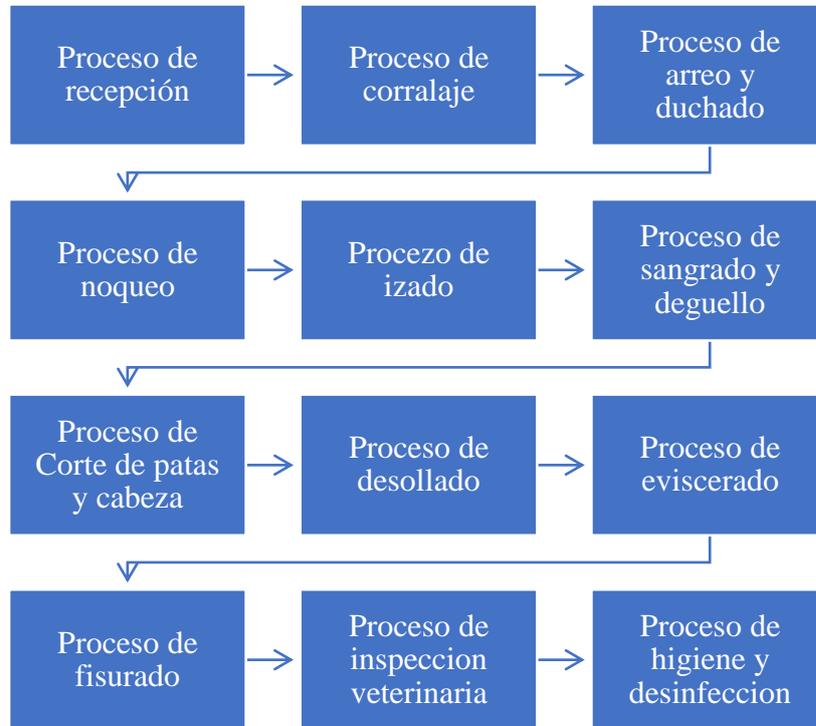
Este es el procedimiento higiénico requerido para el sacrificio de una vaca, con el fin de obtener la carne en las mejores condiciones para el consumo humano. El sacrificio debe realizarse de acuerdo con las normas técnicas y sanitarias (Organismo Internacional regional de sanidad agropecuaria, 2016).

1.1.8.1. Proceso de faenamiento

El proceso de faenamiento se puede observar en la figura 1.

Figura 2.

Proceso de faenamiento de animales



Nota: En la figura 2 se pueden ver todas las actividades que forman parte del proceso de faenamiento animal, iniciando desde la recepción de los animales, su desollado, eviscerado, fisurado, hasta la higiene y desinfección final. **Fuente:** Adaptado de AGROCALIDAD (2018)

De acuerdo con la Agencia Encargada del Control y Regulación para la Protección y el mejoramiento de la sanidad animal, sanidad vegetal e inocuidad alimentaria (AGROCALIDAD, 2018), el proceso para el faenamiento de animales es el, siguiente:

a. Proceso de Recepción

Durante este proceso se recibieron animales de acuerdo al documento guía de invitación emitido por AGROCALIDAD. Los animales son identificados, pesados y colocados en jaulas, de acuerdo con las precauciones sanitarias, dentro del plazo legal (24 horas).

b. Proceso de corralaje

Durante este proceso, los animales cumplen una estancia legal (12 horas antes del sacrificio), durante la cual son hidratados y sometidos a descanso y relajación muscular.

c. Proceso de arreo y duchado

Una vez respetado y aceptado el tiempo de limpieza acordado y el servicio de matanza haya pagado el costo relativo de los animales a sacrificar, estos serán llevados al baño para limpieza inicial.

d. Proceso de noqueo

Los animales son golpeados físicamente con manchas o con el uso de una pistola de aire, y los animales son sacrificados para desensibilizarlos y evitar el dolor en el momento del sacrificio.

e. Proceso de izado

El animal está suspendido por sus patas traseras con un gancho fijado en el riel para facilitar su movimiento durante el sangrado y en las etapas posteriores del sacrificio.

f. Proceso de sangrado y degüello

Se hace un corte en la arteria del cuello del animal (cuando mira hacia abajo) para que el animal sangre, y la sangre se recoge en un surco especial, que la convierte en sangre en polvo para su posterior procesamiento.

g. Proceso de corte de patas y cabeza

Las piernas y la cabeza del animal fueron cortadas

h. Procedimiento de desollado

Proceso que se realiza entre la piel y la carne para facilitar el desollado del animal, proceso realizado por máquinas.

i. Proceso de eviscerado

Procedimiento en el que se extrae los órganos internos de cada animal, llamados víscera.

j. Proceso de fisurado

Incisión longitudinal del esternón y la columna vertebral, que se realiza sobre el animal faenado, mediante una sierra eléctrica.

k. Proceso de inspección veterinaria post mortem

La carne de los animales faenados, son revisados por el veterinario para determinar su integridad orgánica y estado sanitario.

l. Proceso de higiene y desinfección

Es la aplicación de agua a presión y/o ácido orgánico sobre las superficies corporales, para desinfectar al animal de posibles contaminaciones propias del manipuleo y el eviscerado.

1.1.9. Teoría del muestreo

El monitoreo de la calidad del agua es de gran importancia para detectar y controlar sitios de contaminación en los recursos hídricos, ya que el objetivo es comprender los datos recopilados en el campo y comprender cómo las muchas actividades humanas afectan el medio ambiente; por lo tanto, en el futuro, el único objetivo del control de la contaminación del agua es incrementar la calidad del agua afectada y la calidad de vida en la región (Reutelshofer, 2015).

1.1.9.1. Muestreo de Aguas Residuales.

El muestreo es un proceso de selección de una muestra representativa que abarque, en la medida de lo posible, todas las características del agua a analizar. Hay varios aspectos que se deben tener en cuenta en el proceso de recogida para poder lograr los objetivos marcados. Después de la recolección, la estructura de la muestra puede

cambiar con el tiempo debido a variaciones químicas, reacciones con el aire o interacción entre el recipiente y la muestra (Reutelshofer, 2015).

Los métodos de muestreo y examen utilizados para caracterizar las aguas residuales parten desde pruebas químicas cuantitativas y precisas hasta pruebas biológicas y físicas cualitativas. El objetivo principal de los métodos de muestreo es garantizar que la muestra sea representativa del material que se examina y que la muestra analizada en un centro especializado sea homogénea. El término "muestra representativa" quiere decir que el contenido total de la muestra es idéntico que el del material del que se toma, al mismo tiempo que el término "homogéneo" significa que la muestra tiene las mismas propiedades en todos los puntos de donde se ha extraído (NTE INEN 2176, 2013).

Por otro lado, el receptáculo no debe interferir, adsorber o compartir los analitos, ya que esto perturbaría los resultados de la medición. Las deducciones analíticas obtenidas en el laboratorio nunca son más confiables que las muestras en las que se probaron, y es seguro decir que gran parte de los datos erróneos son el resultado de un muestreo inadecuado y no de una técnica de laboratorio inadecuada (Olivares, 2015).

Las muestras pueden ser de dos tipos: puntuales o compuestas

a. Puntuales.

Estos son los que son tomados de forma aislada en un momento instantáneo en el tiempo y analizados por separado. Son sustancialmente una guía de la apariencia y composición del universo según lo estimado durante la minería (NTE INEN 2176, 2013).

Las muestras puntuales tienen un valor representativo limitado, pero se pueden usar para monitorear las características de esorrentía que cambian rápidamente. Un grupo de muestras puntuales ayuda a comprender los cambios en parámetros como: gases disueltos, pH, etc. La detección para el análisis in situ es esencial para determinar el oxígeno disuelto, la demanda de cloro, la temperatura y el cloro residual. Además, las concentraciones

resultantes de las descargas periódicas de los tanques o almacenes se pueden determinar mediante muestreo (Reutelshofer, 2015).

b. Compuestas.

Indican circunstancias promedio y brindan resultados que pueden usarse para apreciar la cantidad de material descargado durante un largo período de tiempo (por ejemplo, 24 horas o un turno) (NTE INEN 2176, 2013)..

Si la tasa de flujo de muestreo es constante, la muestra agrupada consiste en un dígito apropiado de fracciones homogéneas, a menudo recolectadas a periodos regulares. Por otro lado, cuando cambia el caudal, como suele ocurrir en los alcantarillados industriales, es conveniente tomar muestras de compensación. En este caso, el volumen de cada fracción será correspondiente al caudal de agua residual reciclada en el instante de la extracción (NTE INEN 2176, 2013).

El muestreo compuesto minimiza el esfuerzo de análisis. Las muestras compuestas de procesos industriales continuos generalmente se realizan en turnos de 8 o 24 horas. Ocasionalmente, los exámenes especiales pueden requerir muestras agrupadas de menos de 4, 2 o incluso 1 hora (Reutelshofer, 2015).

1.1.9.2. Caracterización de efluentes líquidos.

Las características del plan de control de los efluentes de aguas residuales penderán del objetivo establecido (NTE INEN 2176, 2013). Por lo que, el monitoreo de los efluentes resulta necesario para:

- a. Una inspección de cumplimiento de la normativa de emisiones, donde se toman muestras por parte del organismo de control.
- b. Demostración del acatamiento de las normas de descarga de aguas residuales, en este caso las muestras fueron tomadas por empleados de la misma empresa.

- c. Identificar las áreas más susceptibles a la contaminación peligrosa por desechos industriales o agrícolas o descargas de metales pesados.

1.1.9.3. Lugar de muestreo.

Es muy importante elegir una ubicación de muestreo adecuada para representar el área bajo estudio, por lo general, se deben elegir ubicaciones donde se produzcan turbulencias o donde haya una gota para lograr condiciones de mezcla que eviten la separación de los sólidos para obtener una muestra representativa efectiva (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.4. Duración del Programa de muestreo.

Los objetivos del plan de muestreo y la complicación del proceso que genera determinarán su duración, y es poco probable que los programas que duran menos de una semana produzcan resultados fiables. En tales casos, la duración mínima recomendada de un plan de muestreo es de 2 semanas, o debería extenderse a un programa más largo (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.5. Preservación de las muestras.

El análisis inmediato es óptimo, si esto no es posible, las muestras tienen que enfriarse (en hielo) en sitios oscuros, esto suprime los problemas relacionados con la reproducción y fallecimiento de los organismos con el tiempo (no debe exceder las 30 horas). Con el fin de evitar cambios en la concentración del parámetro medido causados por procesos físicos, biológicos y químicos en la muestra (que pueden durar horas a varias condiciones climáticas) (NTE INEN 2176, 2013).

Específicamente, se deben seguir medidas de conservación de muestras para asegurar la validez de los análisis realizados mediante la adición de productos químicos, enfriamiento y/o protección de la luz solar (Reutelshofer, 2015).

1.1.9.6. Adición de reactivos químicos.

Las muestras a menudo se acidifican antes de medir ciertos compuestos: por ejemplo, herbicidas fenoxiácidos, metales disueltos, por lo que siempre se deben

buscar reactivos de la más alta pureza para evitar que entre contaminación adicional en las muestras que luego se analizan en el laboratorio (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.7. Empleo de frío extremo, congelación y/o mantenimiento en congelador.

Esta técnica no siempre es recomendable debido a que provoca algunas variaciones fisicoquímicas, como el desarrollo de precipitados y la pérdida de gases disueltos, que tiene la probabilidad de perturbar a la composición real de la muestra. Además, los compuestos sólidos varían debido al proceso de congelación/descongelación, que necesita de una homogeneización inmediata y específica para volver al equilibrio antes de la determinación analítica en el laboratorio (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.8. Conservación utilizando frío moderado (4° C).

Esta es una de las técnicas más utilizadas y generalmente preserva la integridad completa de los compuestos (contaminantes/nutrientes/biota), no obstante, algunos elementos pueden ser precipitados. Dependiendo de los parámetros medidos, el método agrega periódicamente reactivos químicos (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.9. Volumen de la Muestra

La cantidad a recolectar está determinada por los requisitos del laboratorio en relación con el número de parámetros a examinar. En la determinación de compuestos orgánicos se tienen que utilizar filtros de fibra de vidrio, donde la fracción de partículas es retenida, mientras que el resto forma la concentración de compuestos disueltos (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.10. Pruebas in situ

Siempre que sea posible, al tomar muestras de agua, los resultados de los parámetros físicos deben registrarse en el punto de muestreo. El análisis in situ generalmente incluye mediciones de pH, temperatura y conductividad. La mayoría de las pruebas requieren que la muestra se envíe a un laboratorio (NTE INEN 2176, 2013).

1.1.9.11. Métodos de Análisis.

Los métodos de análisis cuantitativo incluyen el método gravimétrico, el método volumétrico o el método físico y químico. Este último mide distintas propiedades de la masa o el volumen. Los métodos analíticos instrumentales como la turbidez, la colorimetría, el método potencial, la espectroscopia de absorción, la polarografía, la fluorescencia, la radiación nuclear y la espectroscopia son análisis físicos y químicos representativos (NTE INEN 2176, 2013).

Los detalles de los diversos análisis se pueden encontrar en Standard Methods (1995), la mayoría de los cuales son referencias aceptadas para el examen de agua potable y aguas residuales. Sin importar el método de análisis utilizado, se tiene que especificar su límite de detección (Reutelshofer, 2015).

1.2. Fundamentación Legal

1.2.1. Constitución de la república del Ecuador

Art. 12. - El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida

Que, el Artículo 238, de la Constitución de la República del Ecuador, garantiza a los gobiernos autónomos descentralizados, el goce de autonomía política, administrativa y financiera; y el Artículo 264, dispone para los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el ámbito de sus competencias y territorio, la facultad de expedir ordenanzas cantonales.

Artículo 318 precisa que, el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, prohibiendo en consecuencia toda forma de privatización del agua. La disposición aclara que, la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria, pero que, el servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; por tanto, el

Estado, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación; Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua

Art. 11.- Infraestructura hidráulica. Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas, así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad, así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

Art. 18.- Literal I. Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley.

Art. 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.

1.2.2. Código Orgánico del Ambiente (2017)

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. Control del acatamiento de los parámetros

ambientales y la diligencia de normas técnicas de los elementos agua, suelo, aire y ruido.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental del Estado o el GAD competente, en cooperación con otras autoridades competentes según concierna, llevaran a cabo el seguimiento y vigilancia de la calidad del aire, agua y suelo de acuerdo a los estatutos reglamentarios y técnicos emitidos con respecto a estos impactos.

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los municipios descentralizados tendrán que contar con la infraestructura técnica para el funcionamiento de instalaciones de saneamiento y tratamiento de aguas residuales municipales y rurales de acuerdo con la ley y los reglamentos técnicos que al efecto se expidan.

1.2.3. Acuerdo Ministerial N°097-A (2015)

Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, los detalles se pueden ver en la tabla 4.

Tabla 4.

Límites de Descarga al Alcantarillado Público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles de hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02

Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fosforo total	Fe	mg/l	15,0
Hidrocarburos totales de Petroleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrogeno Total Kjedahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrogeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20,0

Sólidos Suspendidos totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<40,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Nota: En la tabla 4 se pueden ver los distintos parámetros que se evalúan mediante la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, se destaca el límite permitido de la cantidad de cada factor. **Fuente:** Adaptado de Acuerdo Ministerial N°097-A (2015).

1.2.4. Ordenanza que regula el procedimiento administrativo correspondiente a la potestad sancionadora en materia ambiental de la provincia de Tungurahua.

Art. 2.- Objeto. - El objeto de la ordenanza es regular la potestad sancionadora relacionada en materia ambiental del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua como Autoridad Ambiental de Aplicación responsable.

Art. 16.- Inicio. - El procedimiento sancionador se inicia de oficio en caso de flagrancia o mediante conocimiento del acta e informe técnico resultante de los distintos mecanismos de control y seguimiento, por acuerdo del órgano competente, bien por propia iniciativa o como consecuencia de orden superior, petición razonada de otros órganos o denuncia, formalizados mediante el respectivo informe técnico.

CAPÍTULO II.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se establece la metodología aplicada al trabajo de investigación, la cual está enfocada al logro de los objetivos previamente planteados. Conjuntamente, se presentan los diferentes tipos de investigación utilizados y las técnicas e instrumentos necesarios para llevar a cabo la recolección de la información

2.1. Modalidad o enfoque de la investigación:

Por otra parte, en la investigación se utilizó un enfoque mixto en el trabajo de investigación, mejor dicho, fue cualitativo y cuantitativo, mismos que se detallan a continuación.

Cualitativo, debido que al ser un enfoque interpretativo brinda una mayor riqueza para llevar a cabo el análisis de la información, por ello fue de gran utilidad para obtener una visión sistemática de la situación actual de la planta de tratamiento y del manejo de la misma, además permitió tomar en cuenta todos los aspectos de la gestión del agua residual.

Conjuntamente, fue de enfoque cuantitativo ya que se utilizaron métodos estadísticos que permitieron identificar las características físicas y químicas del agua residual, ello permitió determinar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento.

2.2. Tipo de investigación:

2.1.1. Descriptiva

Con respecto al tipo de investigación fue descriptiva ya que, tiene como finalidad describir diversas características fundamentales de conjuntos uniformes de fenómenos, que permiten establecer el comportamiento de los acontecimientos que están en estudio brindando información de manera sistemática y que se pueda comparar con otras fuentes es así que esta investigación permite describir y analizar el contexto biótico, físico y químico del agua residual.

Además, permitió determinar cuál es el estado actual del funcionamiento y eficiencia del sistema de tratamiento de agua del camal municipal de Pelileo, con la meta de identificar posibles fallas o problemas que afecten su rendimiento.

2.1.2. Documental

Por otra parte, se usó la investigación documental ya que a través de este tipo de investigación se logró analizar la información documentada en informes, libros técnicos, actas del Camal municipal del Cantón Pelileo, que permitieron realizar el diagnóstico de la situación actual del camal. Además de libros, artículos científicos, trabajos de grado, que fueron de ayuda en la redacción del marco teórico.

2.1.3. De campo

Además, se empleó la investigación de campo, debido a que se visitó las instalaciones Camal municipal del Cantón Pelileo, con el fin de evaluar la situación actual del manejo de las aguas residuales.

2.3. Población y muestra

Con respecto a la de agua residual se utilizó un muestreo de tipo simple. Ya que el muestreo se llevó a cabo únicamente en un punto. Estando el mismo ubicado en el efluente o salida del agua tratada.

2.4. Métodos teóricos y empíricos a emplear.

2.4.1. Método de Observación

El uso de este método permitió analizar la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal municipal del Cantón Pelileo, sin necesidad de influir en el proceso de funcionamiento. Además, permitió el registro de información, actividades y situaciones relevantes.

2.5. Técnicas e instrumentos:

2.5.1. Revisión de registros.

Además, se utilizó la revisión de registros para examinar y obtener información relevante, en este caso para la redacción del marco teórico se utilizó información bibliográfica a fin al tema de manejo de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por otra parte, gracias a esta técnica se obtuvo la información necesaria sobre la zona de estudio, ello mediante información cantonal, mapas temáticos, planos e informes entregados por el GAD cantonal de Pelileo. Además, de la información del análisis del agua por parte de un laboratorio especializado, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.*Descarga al sistema de alcantarillado público a la salida de la PTAR*

RESULTADOS-Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8,						
PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDA- DES	RESUL- TADO	VALORES DE NORMA	CUMPLI- MIENTO	INCERTI- DUMBRE ± % U
Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/NM 5520 C	mg/l	70,0	70,0	CUMPLE	32,3
Aluminio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,293	5,0	CUMPLE	NA
Arsénico	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,012	0,1000	CUMPLE	30,0000
Cadmio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,02	CUMPLE	20
Cianuros	AAA-PE-A004/SM 4500 CI G.	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE	9,2
Cloro activo	AAA-PE-A005/SM 4500 CI E.	mg/l	<0,50	0,5	CUMPLE	10,7
Cobalto	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,004	0,5	CUMPLE	20

Cobre	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	1,0	CUMPLE	20
Cromo hexavalente	AAA-PE-A009/SM3500 Cr B	mg/l	0,050	0,500	CUMPLE	16,600
DBO5	AAA-PE-A010/SM 5210 D	mg/l	13,43	250	CUMPLE	33
DQO	AAA-PE-A011/SM 5220 D	mg/l	2210	500	NO CUMPLE	14
Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/SM 5540 C	mg/l	0,680	2,000	CUMPLE	11
Fenoles	AAA-PE-A016/SM 5530 B-C	mg/l	<0,005	0,200	CUMPLE	15,200
Fosfatos	AAA-PE-A018/SM 4500-P C.	mg/l	74	150	CUMPLE	13,4
Hierro	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,19	25,0	CUMPLE	20
Nitritos	AAA-PE-A024	mg/l	9,80	15	CUMPLE	20
Nitratos	AAA-PE-A024/SM 4500-NO2E	mg/l	135	300	CUMPLE	20
Níquel	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	2,0	CUMPLE	20

Plata	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE	20
Plomo	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
Selenio	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
Solidos sedimentables	AAA-PE-A033/SM 2540 F	mg/l	0,01	20,00	CUMPLE	7,9
Solidos totales	AAA-PE-A035/SM 2540 B	mg/l	36	1600	CUMPLE	6
Solidos suspendidos totales	AAA-PE-A034/SM HACH 8008	mg/l	<0,001	750	CUMPLE	NA
Sulfatos	AAA-PE-A037/SM 4500 SO42-E	mg/l	31,7	400,00	CUMPLE	6,1
Conductividad del agua	AAA-PE-A008/SM 2510 B	uS/cm	2201	100.000	CUMPLE	34,50
Zinc	AAA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,042	10,0	CUMPLE	20
Cloroformo	SM 6200	mg/l	<0,01	0,1	CUMPLE	NA

Turbidez	AAA-PE-A038/SN 2130 B	NTU	210	1000	CUMPLE	NA
Tetracloruro de carbono	SM 6200	mg/l	<0,01	1	CUMPLE	NA
Tricloroetileno	SM 6200	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
Sulfuros	AAA-PE-A030/SM 4500 S2/HACH 8131	mg/l	0,28	1,00	CUMPLE	14,10
Nitrógeno Total Kjedahl	SM 4500 N org C	mg/l	116	60	NO CUMPLE	NA
pH in Situ	AAA-PI-A002/SM 4500-H+ B	Unid pH	7,98	6,0-9,0	CUMPLE	1,0
Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	17,89	40,0	CUMPLE	3,5
Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/SN 4500 O.G.	mg/l	0,20	10	CUMPLE	45
Pesticidas Organofosforados	EPA 8170 D MODIFICADO	mg/l	<0,002	0,1	CUMPLE	45

Nota: En la tabla 5 se puede ver los resultados del análisis de laboratorio del agua obtenida a la salida del camal Municipal de Pelileo, donde se evidencia los cumplimientos e incumplimiento, de los parámetros de calidad establecidos en la Norma TULAS, AM097, ANEXO 1, Sin embargo, en casos como DQO, Nitrógeno Total Kjedahl (nitrógeno orgánico total + amonio) no se cumplía, por lo que debe llevar a cabo mejoras en la planta. TABLA 8. **Fuente:** Elaboración Propia.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1. Características generales del Camal Municipal del Cantón Pelileo

3.1.1. Ubicación

El Camal municipal de cantón Pelileo posee una planta para el tratamiento de aguas residuales que funciona desde el año 2019. Las aguas residuales que se tratan en esta planta son de tipo industrial y contienen un elevado contenido de carga orgánica, característico del afinamiento animal. A la planta de tratamiento ingresa un caudal que puede considerarse como variable ya que los procesos de producción varían dependiendo del día y la hora de la semana (GAD Pelileo., 2021a).

La meta principal de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del camal municipal del cantón Pelileo es la reducción de dos parámetros de calidad de agua, mismos que son: carga orgánica y sólidos sedimentables. La planta de tratamiento para ejecutar el proceso de descontaminación del efluente, está conformada por estructuras de hormigón armado que sirven de complemento para su funcionamiento con accesorios y tuberías de PVC, hierro fundido dúctil y hierro galvanizado. El terreno donde se ubica el centro de faenamiento se encuentra en la parroquia Pelileo Grande, barrio La Loma, y su extensión es cercana a 0.557 [Ha]. Específicamente, el terreno se localiza a 2.2 [km] hacia el Este del centro urbano del cantón Pelileo (GAD Pelileo., 2021a). El terreno del centro de faenamiento se puede observar en la figura 3 y su ubicación en la figura 4.

Figura 3.

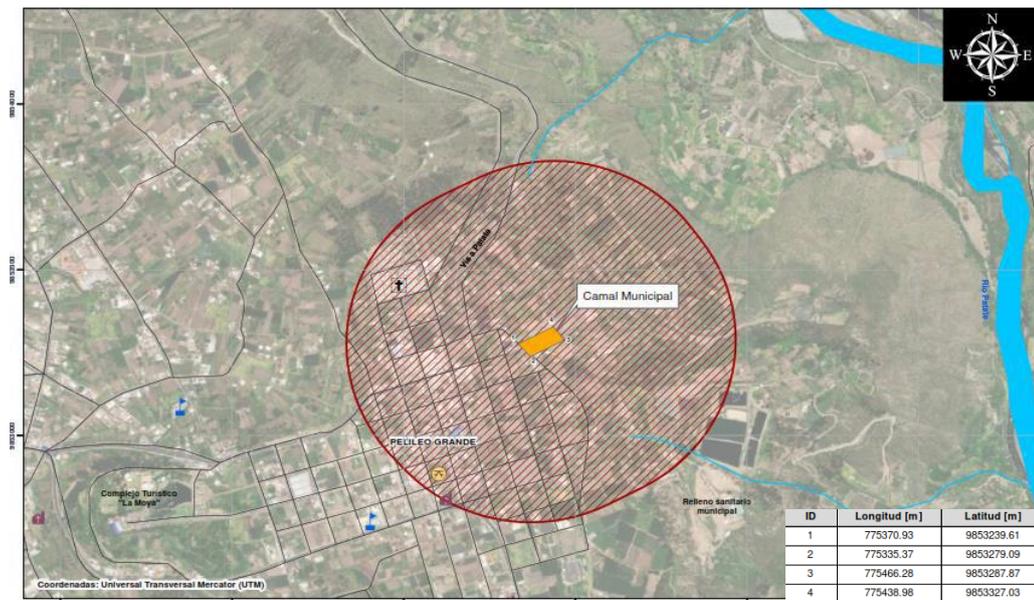
Terreno del centro de Faenamiento



Nota: En la figura 3 se puede ver el terreno donde está ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales del camal de Pelileo. **Fuente:** Elaboración Propia.

Figura 4

Ubicación del centro de Faenamiento



Nota: en la figura 4 se puede ver el mapa de ubicación del Camal Municipal del cantón Pelileo. **Fuente:** (GAD Pelileo., 2022).

3.1.2. Descripción del Entorno del Camal

3.1.2.1. Relieve – Geomorfología

San Pedro de Pelileo está ubicado en la región de la Sierra, una barrera montañosa de 100 a 200 kilómetros de ancho cuyo paisaje generalmente consiste en cadenas montañosas occidentales y orientales. La altitud media del estado es de 2900 m; el punto más alto corresponde a 4839.96 m, correspondiente al cono o flanco noroeste del volcán Tungurahua, siendo el punto más bajo el Valle de Chiquicha a 2.400 m.(GAD Pelileo, 2021).

Pelileo cubre el valle interandino y las laderas interandinas, consiste en fosas llenas de depósitos dendríticos y volcánico-dendríticos que se ubican en todo su área desde Chiquicha en el norte hasta Cotaló en el sur, cubriendo la mayor parte de San Pedro de Pelillo (GAD Pelileo, 2021).

Además, dentro de la geomorfología del cantón Pelileo se pueden encontrar pendientes cóncavas, curvas e irregulares, cerros moderados, valles y superficies planas características de la zona andina (GAD Pelileo, 2021).

3.1.2.2. Geología

Las características geológicas regionales del Cantón Pelileo indican una estratigrafía volcánica regional continua distinguida por productos como flujos de escombros, lahares, flujos piroclásticos, cenizas y tefras, generalizados durante el Cuaternario.

Los centros volcánicos Carihuairazo y Huisla irradian centros de estos sedimentos, los cuales descansan sobre rocas más antiguas que corresponden a secuencias de origen volcánico y sedimentario identificadas con el Flujo piroclástico de Latacunga y Chalupas. El área forma parte del extremo sur del valle andino, que se encuentra en la zona de influencia del esfuerzo tangencial provocado por la unión de los dos Andes (Sierra Occidental y Sierra Real).(GAD Pelileo, 2021).

3.1.2.3. Uso y cobertura del suelo

En San Pedro de Pelileo se pueden hallar suelos de origen volcánico principalmente cenizas, resultantes de la desintegración y meteorización de la Cangahua (GAD Pelileo, 2021). El uso potencial del suelo se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5.

Uso Potencial del Suelo

USO POTENCIAL	ÁREA m²	%
Área Urbana	1032996,44	0,51
Nieve	841356,30	0,42
Protección total/terrenos forestales	128427953,07	63,45
Terrenos aptos para cultivos	38279421,29	18,91
Terrenos aptos para pastos	33818948,31	16,71
Total	202400675,41	100,00

Nota: En la tabla 5 se pueden ver los datos del uso de cobertura del suelo en el cantón Pelileo. **Fuente:** Adaptado de GAD Pelileo (2021).

3.1.2.4. Información Climática

Pelileo está ubicado en la confluencia de los sistemas climáticos de la región andina y la región amazónica, en la cuenca del río Pastaza, fuertemente influenciado por el Océano Pacífico y en parte por la masa húmeda amazónica. Esto significa que el clima del estado tiene una fuerte influencia andina debido a la naturaleza bimodal de las precipitaciones y a las bajas temperaturas típicas de los Andes por debajo de los 3.800 m sobre el nivel del mar. (GAD Pelileo, 2021). En la tabla 6 se pueden ver las variables climáticas del cantón Pelileo.

Tabla 6.

Variables climáticas del cantón Pelileo

Variable	Descripción
Precipitación	La precipitación media anual oscila entre los 557 y 700mm/año. En su extensión territorial fluyen vientos moderados la mayor parte del año en dirección sureste con una velocidad media de 3.4 m/seg.
Temperatura	La temperatura media anual de 13 grados centígrados. La máxima media es de 14.8° en noviembre y diciembre, la máxima absoluta llega a 31.9° C en noviembre, mientras que los meses más fríos son julio y agosto con 7.8° C y 7.4° C.
Pisos Climáticos	Existe diversidad de pisos climáticos propios de la región interandina, existiendo un predominio del clima mesodérmico seco, que se modifica por los vientos que ingresan por el cañón del río Pastaza. Temperatura.
Humedad	En la gráfica se puede observar que en promedio la máxima humedad relativa es de 86% en los meses de mayo a julio y la mínima de 83% en los meses de septiembre, octubre, diciembre y enero, y tiende a incrementarse paulatinamente hasta su pico en julio.

Nota: En la tabla 6 se pueden ver los factores climáticos existentes en el cantón Pelileo. **Fuente:** Adaptado de GAD Pelileo (2021).

3.1.3. Área Incidencia Directa

Se define área de influencia directa a la cual en la que se generan impactos de manera directa e indirecta como consecuencia de las actividades propias del proyecto. Con estas consideraciones dentro del proyecto de investigación de considera que el área de influencia directa del camal municipal lo siguiente:

La infraestructura del centro de faenamiento se localiza sobre las siguientes divisiones políticas:

- Provincia: Tungurahua
- Cantón: San Pedro de Pelileo
- Parroquia: Pelileo Grande
- Sector: La Loma

Al respecto, el predio del centro de faenamiento se ubica en la parroquia Pelileo Grande, Barrio La Loma y se emplaza sobre un área aproximada de 0,557 Ha.

Además, la zona de implantación donde se ubica el centro de faenamiento posee servicios básicos como agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, telefonía y alumbrado público, recursos imprescindibles para el correcto funcionamiento y desarrollo de las actividades del camal y la planta de tratamiento (GAD Pelileo., 2021a).

3.1.4. Área de influencia Directa

El área de Influencia directa se la conoce como en la que se generan impactos debidos a las actividades inducidas por el proyecto.

Por lo tanto, dentro del área de incidencia directa del camal municipal se encuentra la parroquia Pelileo Grande que forma un área en proceso de consolidación. Asimismo, en un radio de 500 metros a la redonda del centro de faenamiento, se puede observar vegetación herbácea y terrenos de uso agrícola. Se observa una cantidad creciente de edificaciones de carácter residencial cerca del camal, además se destaca, la presencia del río Patate, hallado a 1.45 Km, hacia el Este (GAD Pelileo., 2021a).

La red vial está compuesta por vías de tercer orden asfaltadas en un estado adecuado y caminos vecinales empedrados, lo favorece al fácil acceso y movilidad del transporte que compone la cadena de producción y de vehículos personales (GAD Pelileo., 2021a).

3.2. Proceso de faenamiento del Camal de Pelileo.

El proceso de faenamiento es el siguiente:

3.2.1.1. Recepción de los animales

Los encargados de Camal de Pelileo deben contar con pautas de movilización apropiadas antes de que los animales ingresen al matadero, y tan pronto como los animales se encuentran en la entrada, se colocan etiquetas de propietario y luego son inspeccionadas por un veterinario (GAD Pelileo., 2021a).

La primera etapa inicia con la llegada de los animales, a los que se los transporta correctamente al corral de espera con mangas de aprox. 1 metro de ancho, por orden de introducción, hasta el sacrificio, según las necesidades del propietario, según el número de animales que ya se encuentren en el corral (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.2. Reposo

Posteriormente se lleva a cabo el reposo, donde es importante respetar los periodos de descanso de los animales, necesariamente de al menos 2-4 horas, descansando los animales mayores y menores en recintos especiales y adecuados (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.3. Duchado

Seguido se lleva a cabo la etapa de duchado, donde el ganado ingresa a través de una manga de 3 a 4 metros de largo donde los animales se duchan antes de ingresar al aturdimiento para reducir los niveles de estrés ya que el agua que cae sobre el ganado enfría al animal y actúa como vasodilatador, ello debido q alta concentración de estrés afectará el estado de la carne (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.4. Aturdimiento

Después de la limpieza, los animales son llevados por un camino hasta un bretty, donde quedan inconscientes previo a ser desangrados. El proceso se lleva a cabo mediante una pistola de pistón a presión (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.5. Izado

Una vez aturdido el animal, se levanta del suelo con el miembro inferior (pata) sujeto por una cadena y un carro elevador, evitando cualquier contaminación y continuando con el proceso de sacrificio (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.6. Desangre y corte de la cabeza

Cuando el animal está aturdido. Se corta el haz vascular (arteria carótida) y el animal muere de anemia aguda y la sangre se derrama directamente en el desagüe. En el mismo paso, se corta manualmente toda la cabeza. El sangrado debe durar 3 minutos, hasta un máximo de 60 segundos después de ser derribado (GAD Pelileo., 2021a).

Por otra parte, para los cerdos, después de ser desangrados, se sumergen en un balde de agua caliente a 70 °C por 2 minutos antes de ser desollados con cuchillas depiladoras, donde se rota al animal hasta quitarle el pelo (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.7. Desollado

Este procedimiento implica hacer una incisión en la pata delantera del animal para comenzar a desollarlo (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.8. Descuerado

En esta etapa, el operador continúa realizando incisiones en la línea alba de la piel para limpiar aún más el cuerpo del animal y facilitar la eliminación de la piel. Las pieles se almacenan y apilan en los sitios de distribución de pieles hasta que sus dueños las recuperan. En el caso de los cerdos, el proceso se realiza con un mechero de gas hasta carbonizar la piel del animal, luego se lava y eviscera (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.9. Eviscerado

Al respecto, en esta etapa se realizan incisiones a nivel del esternón del animal, se extraen las vísceras, se dividen los órganos internos en órganos internos blancos

(estómago e intestinos) y rojos (hígado, bazo, corazón, pulmones, tráquea, esófago y riñones) y esto se limpia el área, ya que los órganos deben limpiarse a fondo (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.10. Oreo, post-mortem y sellado

Por otra parte, en la etapa de oreo la carne se queda en esta de 10 minutos a 6 horas, dependiendo de dónde se transportará. Se aplica ácido láctico a la canal para prevenir el crecimiento bacteriano. Luego se realizó una autopsia y finalmente el cuerpo animal es sellado con violeta de genciana (tinta vegetal) (GAD Pelileo., 2021a).

3.2.1.11. Pesado y distribución

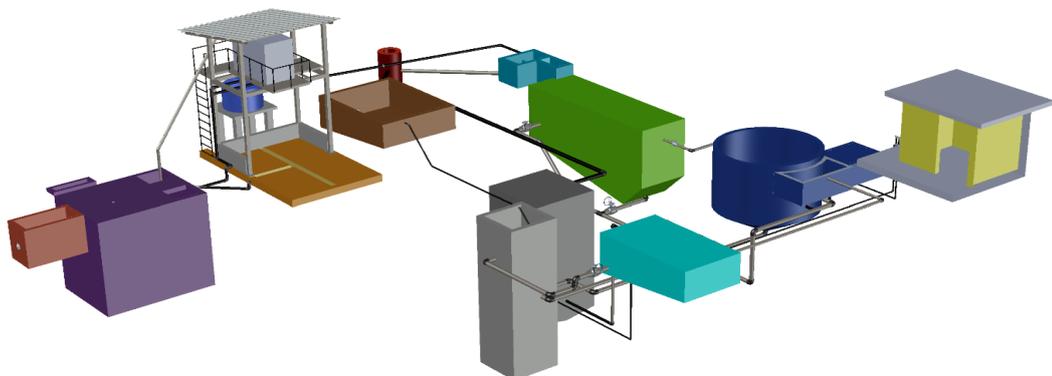
Finalmente, en la última etapa, los animales se pesan previamente y se dividen en frigoríficos con ganchos suficientes para el transporte; Los camiones utilizados en este evento son homologados por el Camal Municipal (GAD Pelileo., 2021a).

3.3. Planta de tratamiento de Aguas residuales

En la figura 5 se puede ver el diagrama de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del cantón Pelileo.

Figura 5.

Planta de tratamiento de Aguas residuales del Camal de Pelileo



Nota: En la figura número 5 se puede observar la distribución de las estructuras que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales del camal de Pelileo.

Fuente: (GAD Pelileo., 2022).

3.3.1. Instalaciones

El límite de la PTAR está cercado por dos tipos de cerramiento, el primero está construido con un antepecho de mampostería y malla soldada eléctricamente enmarcada, que circunvala el terreno delimitándolo con las vías de ingreso al camal (El Derrumbo y Cauca).

El segundo, complementa el cerco del perímetro con una malla soldada eléctricamente enmarcada con tubos verticales fijos al terreno mediante bases de hormigón, ubicado en el interior del predio del centro de faenamiento, lo que permite un correcto y rápido flujo del agua.

3.3.2. Infraestructura

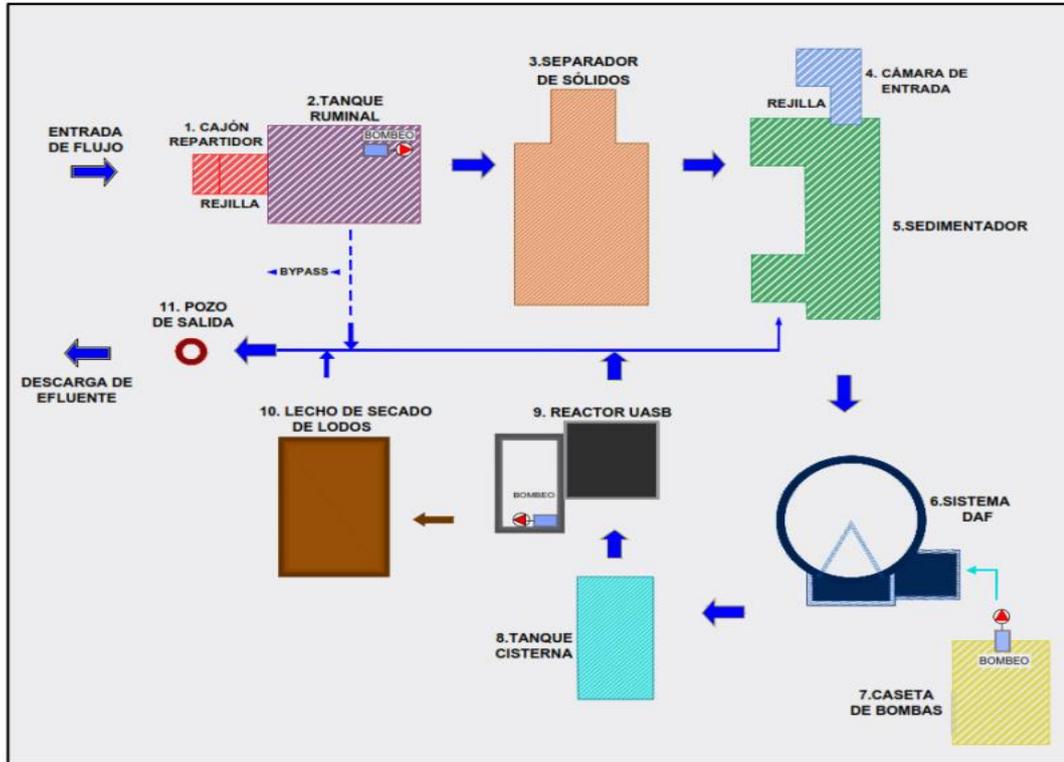
En la figura 6 se puede observar los componentes de la planta de tratamiento, misma que se compone de un conjunto funcional de estructuras que son la criba o rejilla (diámetro 315 mm), un tanque ruminal de homogeneización (volumen de operatividad de 25 m³), un separador de sólidos, un tanque elevado (capacidad de 2500 l), una cámara de entrada (caudal aproximado de 2 l/s), un sedimentador primario, un sistema DAF, un tanque cisterna, un reactor UASB, un lecho de secado de lodos y un pozo de descarga del efluente.

Se debe destacar que las aguas residuales, generadas en el proceso de afinamiento de todo el complejo, alcanzan al pozo de entrada, cuyo propósito es recolectar y direccionar el caudal de agua hasta donde se encuentra la primera unidad de la PTAR, hallándose está a una distancia de 16.6 m, aproximadamente, del pozo mencionado.

En la figura 6 se pueden observar todas las estructuras que componen a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 6.

Proceso de tratamiento de Aguas residuales del Camal de Pelileo



Nota: En la figura 6 se puede observar las diferentes infraestructuras y elementos que componen la planta de tratamiento de aguas residuales, además de la organización que están teniendo dentro del proceso de tratamiento. **Fuente:** (GAD Pelileo., 2022).

3.3.3. Caudal

De acuerdo con la información proporcionada por el Camal Municipal el caudal promedio de la planta de tratamiento de agua residual es de 64.18 m^3 de agua residual por día, es decir $2,22 \text{ l/s}$.

3.4. Proceso de tratamiento

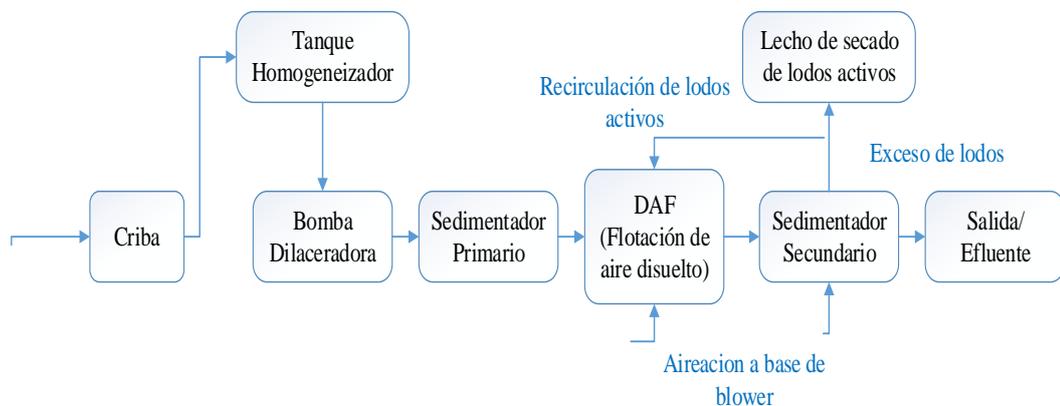
La primera fase del sistema de tratamiento de las aguas residuales es un proceso físico, donde se remueven las impurezas de mayor peso, a través de un sistema de cribado, posteriormente el afluente circula por una bomba dilaceradora que se encarga de separar las impurezas de mayor dimensión que se infiltraron por la criba,

una vez llevado a cabo la separación, el agua circula por medio de una trampa de grasas antes de ser llevada a un sedimentador primario. Para finalizar el tratamiento primario el agua ingresa a una tanque o sistema DAF, donde gracias a la inyección de químicos se logra que se formen flósculos, mismos que son retirados por un aspiradora ubicada en la parte superior del tanque y conducidos hacia un lecho que se encarga de almacenar este material.

Por otra parte, el proceso principal del tratamiento es el secundario biológico, debido a que para el proceso de descontaminación tiene un reactor biológico y un sistema de aireación, que removerán la carga orgánica y subsiguientemente por medio del sedimentador secundario, se consentirá la recirculación de los lodos activos y la purificación del agua residual (Figura 7).

Figura 7.

Flujograma del proceso de tratamiento de Aguas residuales del Camal



Nota: En la figura 8 se observa las etapas que componen el proceso de tratamiento de aguas residuales, donde resaltan el proceso de flotación de aire disuelto, los sedimentadores primario y secundario y el secado de lodos. **Fuente:** Adaptado de GAD Pelileo (2022).

Como se puede ver en diagrama de flujo, en el proceso de tratamiento existe un sistema primario integrado por:

- a. Criba
- b. Homogeneizador

- c. Dilaceradora para separación de sólidos
- d. Sedimentador primario

Un sistema primario avanzado con los siguientes elementos:

- a. Sistema de flotación de aire disuelto (DAF).

Un sistema secundario de lodos activados compuestos por:

- a. Tanque de aireación (sedimentador secundario).
- b. Tanque de reposo (bomba sumergible de pozo profundo)

3.4.1. Descripción del Proceso

a. Cajón Repartidor-Criba

La primera etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales está compuesta por una criba o rejilla, dispuesta de manera inclinada para que los residuos caigan por gravedad, la cual se encarga de separar los sólidos gruesos con un tamaño mayor a 7 mm, como por ejemplo vísceras y los restos de animales, mismos que pueden producir daños a la bomba, tal como se ve en la Figura 8.

Figura 8.

Cajón Repartidor o Criba



Nota: En la figura 8 se puede ver el sistema de criba o cajón repartidor con el que cuenta la planta de tratamiento de aguas del camal municipal **Fuente:** Elaboración Propia.

b. Tanque Ruminal - Homogeneizador

El volumen de operatividad de este tanque es de 25 m³, el objetivo de este tanque es disminuir la velocidad del flujo hasta que las partículas caigan por gravedad hacia la llave de limpieza de lodos finos y llevar a cabo una homogeneización de los afluentes que cuenta con un alto contenido ruminal, debido a que existen muchas etapas dentro del proceso de faenamiento de animales, mismos que generan diferentes contaminantes, se puede observar en la Figura 9.

El periodo de retención que es de aproximadamente de 2,49 h, en este tanque ayuda a que los sólidos de mayor volumen sedimenten, y así se lleva a cabo la primera etapa de descontaminación de sólidos.

Figura 9.

Tanque Ruminal-Homogeneizador



Nota: En la figura 9 se puede ver el tanque ruminal homogeneizador con el que cuenta la planta de tratamiento de aguas del camal municipal, siendo una infraestructura de hormigón. **Fuente:** Elaboración Propia

Además, el tanque de homogeneización posee una bomba de extracción de agua, tal como se ve en la fotografía 3, misma que es bombeada hasta llegar al separador de sólidos.

Por otra parte, en la tabla se presentan las especificaciones para el diseño de un tanque ruminal para el camal Municipal del Cantón Pelileo.

Tabla 7.*Especificaciones de diseño del tanque ruminal actual*

Parámetro	Símbolo	Unidades	Medidas
Caudal	Q	m ³ /s	0,0028
Tiempo de retención	t	s	8997,739
Diámetro de partículas a sedimentar	Ø	mm	0,2
Volumen de agua a tratar	V	m ³	100,1
Longitud del desarenador	l	m	6,33
Ancho del desarenador	a	m	1,73
Área superficial	A	m ²	14,59
Volumen	V	m ³	25,18
Largo del sedimentador	c	m	6,33
Ancho sedimentador	a	m	1,73
Altura sedimentador	b	m	2,33

Nota: En la tabla 7 se observan los parámetros sus unidades y medidas a tomar en cuenta para el diseño de un nuevo tanque ruminal para la planta de tratamiento de aguas residuales. **Fuente:** Elaboración propia

Se puede mencionar que el problema del tanque con el que cuenta la plata es que es muy pequeño para el caudal que actualmente está ingresando a la Planta de Tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Pelileo.

c. Separador de sólidos y tanque elevado

Mediante un sistema automatizado de bombeo, el flujo asciende hacia la máquina de separación, así se consigue separar las impurezas más grandes en este caso el contenido ruminal del agua. La fase sólida del contenido ruminal es separada y almacenada en una plataforma inferior, para su posterior retiro.

Una vez separadas estas impurezas, la fase líquida que ha sido separada del sistema electromecánico descrito, pasa a un tanque elevado que tiene una capacidad de 2500 l, es de polietileno, el mismo que mediante una válvula controla o dosifica la cantidad de caudal de agua que pasa al sedimentador primario se encuentra a 1.80 m sobre el nivel del suelo, tal como se observa en la figura 10.

Figura 10.

Separador de sólidos y tanque elevado



Nota: En la figura 10 se puede ver el separador de sólidos y el tanque elevado.

Fuente: Elaboración Propia

d. Cámara de entrada y sedimentador primario

Desde el tanque elevado, se regula y conduce un caudal aproximado de 2 l/s de agua residual, por tubería vista de PVC 110 mm de diámetro, hacia una cámara de entrada al sedimentador primario, previo al tratamiento cuenta con una rejilla

Esta unidad funciona además de una cámara de entrada también como trampilla de las grasas que son generadas durante los procesos de faenamiento, favoreciendo que el agua que llega al sedimentador primario posee una cantidad menor de impurezas, se puede observar en la figura 11.

Figura 11.

Cámara de Entrada



Nota: En la figura 11 se puede ver la cámara de entrada de la planta de tratamiento de aguas del camal municipal, donde el agua aún conserva un color rojo sangre característico del proceso de faenamiento. **Fuente:** Elaboración Propia

El sedimentador primario está segmentado en dos cámaras una de sedimentación primaria y otra de separación de aceites, grasas y material flotante. Al interior de estas unidades se sedimenta el material sólido sobrante, tales como arena y material que se acumula forman lodos, para la limpieza y purga rutinaria de estos lodos, están presentes dos cámaras de válvulas en los extremos.

El objetivo del tanque sedimentador primario es retener las partículas de mayor volumen que hayan logrado atravesar el primer filtro (criba); esto a través de la sedimentación mediante gravedad, mismo que puede observarse en la figura 12.

Figura 12.

Sedimentador Primario



Nota: En la figura 12 se puede ver el conjunto de elementos que conforman el tanque sedimentador del tratamiento de aguas del camal municipal, mismo que está conformado por 4 tanques conectados entre sí. **Fuente:** Elaboración Propia

e. Sistema de flotación de aire disuelto (DAF)

Cuando el fluido rebosa el fluido atraviesa el tanque sedimentador es conducida al sistema DAF por tubería de acero de 4 pulgadas, en donde se inyecta aire y soluciones químicas es decir los coagulantes o floculantes que permiten la remoción en cierta cantidad de los contaminantes en suspensión que perduran en el efluente en forma de espuma de floculación y restos de rumen.

Este tanque posee dos objetivos primarios mismos que son: la aireación de los afluentes y la finalidad del reactor o la fase de purificación biológica mediante lodos activos en donde el procedimiento de tratado de las aguas residuales generadas por el centro de faenamiento se realiza a través del crecimiento de un cultivo bacteriano esparcido con forma de flóculos suspendidos que descomponen la materia orgánica contenida en el agua residual reduciendo los niveles de contaminación. Se puede observar en la figura 13.

El tanque posee una salida de agua en la parte alta, que favorece la circulación del flujo hasta llegar al sedimentador secundario. Se lleva a cabo una inyección de Policloruro de Aluminio.

Figura 13.

Sistema de Flotación de aire disuelto



Nota: En la figura 13 se puede ver el sistema de flotación de aire disuelto del tratamiento de aguas del camal municipal, mismo que cuenta con un aspa que se encarga de remover los elementos que se forman en el mismo. **Fuente:** Elaboración Propia

Por otra parte, el tanque DAF posee un blower aireador, de 12 HP de potencia, mismo que dota de una cantidad adecuada de aire con el fin de que el cultivo bacteriano encuentre las condiciones suficientes para llevar a cabo su trabajo, gracias a ello el proceso de aireación ayudara a minimizar la carga orgánica contenida en el agua residual, tal como se ve en la figura 14.

Figura 14.

Blower Aireador



Nota: En la figura 14 pude ver la bomba aireadora del tratamiento de aguas del camal municipal, la cual se encarga de suministrar aire al sistema de flotación de sólidos. **Fuente:** Elaboración Propia

Se dispone además de un tanque de polietileno de 500 l de capacidad, para dosificar químico y posterior inyección por bombero al sistema DAF. Mientras se retira de manera mecánica la porción flotante del DAF, hay un tanque cisterna que recibe el flujo conducido por tubería PVC de 110 mm y lo homogeniza previo el ingreso a la última fase de proceso, se puede observar en la figura 15.

Figura 15.

Tanque cisterna



Nota: En la figura 15 se puede ver el tanque cisterna que se encarga de homogenizar el agua previo a su tratamiento final. **Fuente:** Elaboración Propia

f. UASB (Sedimentador de sólidos)

Con flujo ascendente, el efluente se coloca de manera vertical hasta los conectores donde están los laterales del tanque y todo el sedimento restante se desprende del fluido, en forma de lodos que se extraen con una bomba de succión que se encuentra en la cámara profunda junto a la unidad, actualmente funciona como unidad de aireación de lodos activados.

La planta funciona gracias a un sedimentador secundario que está conformado por un tanque con forma de cono que conducirá el flujo de agua a un estado de sedimentación. Este tanque posee un lapso de retención apropiado que es de 8 horas, para el caudal de agua generado por la planta. Además, en la parte baja del tanque sedimentador, se halla una bomba de lodos, misma que se encarga de absorber todos

los lodos, volviendo a circularlos en el reactor biológico y de esta forma conservar permanentemente el cultivo de bacterias, se puede ver en la figura 17.

Figura 16.

Bomba de Lodos



Nota: En la figura 16 se puede observar la bomba de lodos del tratamiento de aguas del camal municipal, la cual se encarga de movilizar los lodos generados en el proceso sedimentador. **Fuente:** Elaboración Propia

En la parte alta de este tanque se ubican dos canales para la salida de agua tratada, la cual es transportada hasta su disposición final una vez ha sido aprobada por las autoridades ambientales competentes, este se puede observar en la figura 17.

Figura 17.

Tanque sedimentador



Nota: En la figura 17 se puede observar el tanque sedimentador. **Fuente:** Elaboración Propia

g. Lecho de secado

Dentro de la planta de tratamiento, se halla un espacio adecuado y exclusivo para secar los lodos, para ello se tiene una tubería de purga o evacuación de lodos, y así poder controlar a través de una bomba que los excesos de lodo terminen en el lecho de secado, tal como se ve en la figura 18. El personal técnico del camal se encarga de dar mantenimiento y limpiar el lecho de secado, continuamente.

Las dimensiones del lecho de secado de lodos son:

- a. Largo: 1,2 metros
- b. Ancho: 1,2 metros
- c. Profundidad: 1,2 metros
- d. Área: 1,44 m²
- e. Volumen: 1,72 m³

Figura 18.

Lecho de secado



Nota: En la figura 18. se puede ver el tanque sedimentador del tratamiento de aguas del camal municipal, la cual se encarga de secar los lodos generados en el proceso.

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. Selección de las fechas de muestreo

Se llevaron a cabo un muestreo en el punto previamente establecido, en distintas fechas que fueron establecidas de acuerdo al horario de funcionamiento de la planta de tratamiento. Las horas de muestreo para todos los puntos se establecieron entre las 10:00 y 12:00 de la mañana de los días lunes y miércoles, ya que son las horas promedio de mayor tráfico de aguas residuales.

3.5.3. Selección de la cantidad y tipo de muestras

Se tomaron muestras de tipo simples y recogidas en el punto previamente mencionado. Una vez recolectadas las muestra, estas fueron conservadas en baño de hielo durante la fase de transporte y posteriormente puesta en refrigeración para su uso posterior, mismo que se llevaría a cabo 24 horas después. Se seleccionó una muestra de 300 ml en envases tipo Winckler en el punto, en las fechas y días previamente establecidos.

3.5.4. Parámetros para medir y condiciones de muestreo

Para lograr determinar el nivel de eficiencia de remoción de solidos que tenía la planta de tratamiento de aguas residuales del camal Municipal del cantón Pelileo, se estableció que dicho proceso se llevara a cabo a través de la caracterización de los parámetros químicos, físicos y biológicos mediante el uso de la metodología instaurada en el manual HACH y Standard Methods.

Los parámetros que se midieron situ fueron la conductividad eléctrica (CE), el pH y la turbidez, al mismo tiempo que en laboratorio se calculó los nitratos, sulfatos, DBO5, DQO, fosfatos. Además, las muestras fueron tomadas con la ayuda de un balde plástico, y se conservó la cadena de custodia conveniente para cada parámetro que se analizó en laboratorio.

3.5.5. Cadena de custodia

La cadena de custodia de las muestras de agua residual recogida es un proceso controlado a través del cual se certifica que el agua que será analizada llegue al laboratorio sin sufrir sustituciones, alteraciones, destrucciones o contaminaciones y

que gracias a ello certifique la calidad del examen de laboratorio. En la Tabla 8 se puede ver un compendio de la cadena de custodia establecida por Jorge Duran, 2011, para determinados parámetros de análisis.

Tabla 8.

Cadena de custodia para diversos parámetros

Parámetro	Conservante	Envase	Vol min (ml)	Plazo máx. de análisis (días)
•Acidez	•4°C	•P o V(B)	•100	•14
•Alcalinidad	•4°C	•P o V	•200	•14
•Amonio	•SO ₄ H ₂ - pH ₂ -	•P o V	•1000	•28
• Arsénico	4°C	•P	•100	•180
•Boro	•NO ₃ H- pH ₂	•P(A) o V(A)	•100	•180
•Calcio	•No requiere	•P(A) o V(A)	•250	•180
•Cloro residual	•NO ₃ H- pH ₂	•V	•500	•2 h
•Cloruro	•No exponer a luz	•P o V	•100	•28
•Celifromes	solar 4°C	•P(E) o V(E)	•100	•6 h
•Color	•No requiere	•P o V	•500	•2
•Conductividad	•4°C	•P o V	•250	•28
•Cromo (VI)	•4°C	•P(A) o V(A)	•300	•2
•Cromo total	•4°C	•P(A) o V(A)	•300	•180
•DBO	•4°C	•P o V	•1000	•2
•DQO	•4°C	•P o V	•200	•28
•Detergentes	•4°C	•P(A) o V(A)	•1000	•2
•Dureza	•SO ₄ H ₂ - pH ₂ -	•P o V	•100	•180
•Fosforo Total	4°C	•V	•200	•7
•Grasas y aceites	•4°C	•V	•1000	•28
	•NO ₃ H- pH ₂	•P(A) o V(A)	•250	•180
•Hierro		•P o V	•200	•2

•Nitratos	•SO ₄ H ₂ - pH1,5	•P o V	•250	•2
•Nitritos	- 4°C	•P o V	•800	•28
•Nitrógeno Kjeldahl	•ClH- pH2- 4°C •NO ₃ H- pH2	•P o V	•300	•inmediato
•Oxígeno Disuelto	•SO ₄ H ₂ - pH1,5 - 4°C	•P o V •P	•100 •100	•2 h •180
•pH	•4°C	•P(A) o V(A)	•100	•180
•Potasio	•SO ₄ H ₂ - pH1,5	•P o V	•500	•28
•Sodio	- 4°C	•P o V	•250	•28
•Sulfato		•P o V	•100	•7
•Sulfuro	•No			
•Turbidez	•4°C			

Nota: Las siglas utilizadas en la tabla 8 corresponden a los siguientes nombres. P=Plástico/Polietileno; V=Vidrio; V (B)= Vidrio Borosilicato. **Fuente:** Elaboración Propia

3.5.6. Ensayos de laboratorio

Con las muestras de agua residual recolectadas se ejecutaron los análisis en laboratorios privados de la ciudad de Pelileo. En la Tabla 9 se pueden ver los métodos utilizados para el examen de cada parámetro requerido.

Tabla 9.

Cadena de custodia para diversos parámetros

Parámetro	Expresado como	U	Método	Nombre Método
Potencial de Hidrógeno	pH	N/A	4500 – H+	Ph Value B. Electrometric Method
Conductividad Eléctrica	CE	μS/cm	2510	Conductivity B. Laboratory Method

Turbidez	.....	UTN	2130 B	Turbidity B. Nephelometric Method
Nitratos	NO3 -	mg/l	4500-NO2E	Nitrogen (Nitrate) E. Cadmium Reduction Method
Sulfatos	SO4 2-	mg/l	4500 SO42-E	Sulfate Tabla 5 Continuación
Fosfatos	P	mg/l	4500 – P C	Phosphorus E. Ascorbic Acid Method
Coliformes Totales	-----	Org/100 ml	2530 B	Total Coliform B. Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure
Demanda Química de Oxígeno	C.O.D. (DQO)	mg/l	5220 D	Chemical Oxygen Demand (COD) D. Closed Reflux, Colorometric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	B.O.D. (DBO5)	mg/l	5210 D	Biochemical Oxygen Demand (BOD) B. 5-Day BOD Test

Nota: En la tabla número 9 se observan los parámetros analizados, su unidad de medida, el nombre del método de análisis respectivo para cada parámetro. **Fuente:** Elaboración Propia

Estos métodos ayudaron a llevar a cabo una correcta caracterización del agua residual del camal de Pelileo permitiendo identificar el nivel de eficiencia de la misma.

3.6. Resultados de análisis de laboratorio

Se llevó a cabo un muestreo y análisis de aguas residuales, con el objetivo de identificar el grado de calidad del agua que entra y que sale de la planta de tratamiento, ello a partir de la muestra a la entrada y salida de la afluyente como se puede observar en la Tabla 10, con ello se obtuvo el nivel de eficiencia final del sistema secundario.

Tabla 10.

Parámetros de eficiencia a la entrada del afluyente

RESULTADOS-Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8,						
PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE ± % U
Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/NM 5520 C	mg/l	95,30	70,0	NO CUMPLE	32,3
Aluminio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,139	5,0	CUMPLE	NA
Arsénico	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,024	0,1000	CUMPLE	30,0000
Cadmio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,02	CUMPLE	20
Cianuros	AAA-PE-A004/SM 4500 CI G.	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE	9,2

Cloro activo	AAA-PE-A005/SM 4500 CI E.	mg/l	<0,050	0,5	CUMPLE	10,7
Cobalto	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,004	0,5	CUMPLE	20
Cobre	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	1,0	CUMPLE	20
Cromo hexavalente	AAA-PE-A009/SM3500 Cr B	mg/l	<0,050	0,500	CUMPLE	16,600
DBO5	AAA-PE-A010/SM 5210 D	mg/l	191,50	250	CUMPLE	33
DQO	AAA-PE-A011/SM 5220 D	mg/l	6952	500	NO CUMPLE	14
Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/SM 5540 C	mg/l	<0,00010	2,000	CUMPLE	11
Fenoles	AAA-PE-A016/SM 5530 B-C	mg/l	<0,005	0,200	NO CUMPLE	15,200
Fosfatos	AAA-PE-A018/SM 4500-P C.	mg/l	3,60	150	CUMPLE	13,4
Hierro	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,34	25,0	CUMPLE	20
Nitritos	AAA-PE-A024	mg/l	538	15	CUMPLE	20
Nitratos	AAA-PE-A024/SM 4500-NO2E	mg/l	1	300	CUMPLE	20
Níquel	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	2,0	CUMPLE	20
Plata	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE	20

Plomo	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
Selenio	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,006	0,5	CUMPLE	20
Solidos sedimentables	AAA-PE-A033/SM 2540 F	mg/l	0,7	20,00	CUMPLE	7,9
Solidos totales	AAA-PE-A035/SM 2540 B	mg/l	1542	1600	CUMPLE	6
Solidos suspendidos totales	AAA-PE-A034/SM HACH 8008	mg/l	178	220	CUMPLE	NA
Sulfatos	AAA-PE-A037/SM 4500 SO42-E	mg/l	40,8	400,00	CUMPLE	6,1
Conductividad del agua	AAA-PE-A008/SM 2510 B	uS/cm	6670	100.000	CUMPLE	34,50
Zinc	AAA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,0073	10,0	CUMPLE	20
Cloroformo	SM 6200	mg/l	<0,01	0,1	CUMPLE	NA
Dicloroetileno	SM 6200 B	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
Turbidez	AAA-PE-A038/SN 2130 B	NTU	296	.....	CUMPLE	NA
Tricloroetileno	SM 6200	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
Sulfuros	AAA-PE-A030/SM 4500 S2/HACH 8131	mg/l	<0,30	1,00	CUMPLE	14,10
Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500 N org C	mg/l	138	60	NO CUMPLE	NA
pH in Situ	AAA-PI-A002/SM 4500-H+ B	Unid pH	7,38	6,0-9,0	CUMPLE	1,0

Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	17,60	<40,0	CUMPLE	3,5
Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/SN 4500 O.G.	mg/l	0,02	10	CUMPLE	45
Pesticidas Organofosforados	EPA 8170 D MODIFICADO	mg/l	<0,0005	0,1	CUMPLE	45

Nota: En la tabla 10 se muestran los parámetros obtenidos para verificar el nivel de eficiencia final del sistema secundario. **Fuente:** Elaboración Propia

Tabla 11.

Parámetros de eficiencia a la salida al afluente

RESULTADOS-Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8,						
PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE ± % U
Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/NM 5520 C	mg/l	70,0	70,0	CUMPLE	32,3
Aluminio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,293	5,0	CUMPLE	NA
Arsénico	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,012	0,1000	CUMPLE	30,0000

Cadmio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,02	CUMPLE	20
Cianuros	AAA-PE-A004/SM 4500 CI G.	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE	9,2
Cloro activo	AAA-PE-A005/SM 4500 CI E.	mg/l	<0,50	0,5	CUMPLE	10,7
Cobalto	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,004	0,5	CUMPLE	20
Cobre	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	1,0	CUMPLE	20
Cromo hexavalente	AAA-PE- A009/SM3500 Cr B	mg/l	0,050	0,500	CUMPLE	16,600
DBO5	AAA-PE-A010/SM 5210 D	mg/l	13,43	250	CUMPLE	33
DQO	AAA-PE-A011/SM 5220 D	mg/l	2210	500	NO CUMPLE	14
Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/SM 5540 C	mg/l	0,680	2,000	CUMPLE	11
Fenoles	AAA-PE-A016/SM 5530 B-C	mg/l	<0,005	0,200	CUMPLE	15,200
Fosfatos	AAA-PE-A018/SM 4500-P C.	mg/l	74	150	CUMPLE	13,4
Hierro	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,19	25,0	CUMPLE	20

Nitritos	AAA-PE-A024	mg/l	9,80	15	CUMPLE	20
Nitratos	AAA-PE-A024/SM 4500-NO2E	mg/l	135	300	CUMPLE	20
Níquel	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	2,0	CUMPLE	20
Plata	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE	20
Plomo	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
Selenio	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
Solidos sedimentables	AAA-PE-A033/SM 2540 F	mg/l	0,01	20,00	CUMPLE	7,9
Solidos totales	AAA-PE-A035/SM 2540 B	mg/l	36	1600	CUMPLE	6
Solidos suspendidos totales	AAA-PE-A034/SM HACH 8008	mg/l	<0,001	750	CUMPLE	NA
Sulfatos	AAA-PE-A037/SM 4500 SO42-E	mg/l	31,7	400,00	CUMPLE	6,1
Conductividad del agua	AAA-PE-A008/SM 2510 B	uS/cm	2201	100.000	CUMPLE	34,50
Zinc	AAA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,042	10,0	CUMPLE	20

Cloroformo	SM 6200	mg/l	<0,01	0,1	CUMPLE	NA
Turbidez	AAA-PE-A038/SN 2130 B	NTU	210	1000	CUMPLE	NA
Tetracloruro de carbono	SM 6200	mg/l	<0,01	1	CUMPLE	NA
Tricloroetileno	SM 6200	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
Sulfuros	AAA-PE-A030/SM 4500 S2/HACH 8131	mg/l	0,28	1,00	CUMPLE	14,10
Nitrógeno Total Kjedahl	SM 4500 N org C	mg/l	116	60	NO CUMPLE	NA
pH in Situ	AAA-PI-A002/SM 4500-H+ B	Unid pH	7,98	6,0-9,0	CUMPLE	1,0
Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	17,89	40,0	CUMPLE	3,5
Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/SN 4500 O.G.	mg/l	0,20	10	CUMPLE	45
Pesticidas Organofosforados	EPA 8170 D MODIFICADO	mg/l	<0,002	0,1	CUMPLE	45

Nota: En la tabla número 11 se pueden ver resultados del análisis de eficiencia del tratamiento secundaria a la salida del efluente, se han resaltado de color rojo a los parámetros que no cumplen con la normativa de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (TULAS, 2015). **Fuente:** Elaboración Propia

Se puede ver que el número de sólidos totales es mínimo, las grasas y aceites se han reducido al límite permitido, sin embargo, los niveles de DQO, y Nitrógeno Total Kjeldahl (nitrógeno orgánico en sus varias formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminas, etc.) + ion amonio NH_4^+), están muy por encima de lo establecido por lo que se requiere una reconfiguración del sistema de tratamiento de agua de la planta del camal de Pelileo.

3.6.1. Resultados generales

Como se puede constatar en la *Tabla 10*, el agua residual de ingreso tiene una gran cantidad de carga orgánica, medida en forma de DQO, la cual resulta en una dificultad para un tratamiento biológico que no sea por lodos activados, requiriéndose de dos sistemas de tratamiento para su funcionamiento, uno fisicoquímico y uno biológico. El pH del agua es ligeramente ácido, por lo que no se requerirá de la colocación de bases para mejorar los procesos fisicoquímicos, la temperatura es la adecuada para tener una buena eficiencia en el tratamiento biológico.

Existen gran cantidad de sólidos totales, esto se debe a la dilaceración que recibió el agua; que, al tener una gran cantidad de sólidos gruesos y ser molidos con el agua, pasan a ser suspendidos y posteriormente disueltos.

En cuanto a la cantidad de nitratos, se tiene una cantidad mayor, debido a que ya existió una oxidación del nitrógeno Kjendhal por el tiempo de retención que existió en el homogeneizador; sin embargo, el tratamiento no es suficiente para tener un proceso de desnitrificación completo, por lo que la cantidad de nitratos no es tan elevada. En cuanto a los aceites y grasas, se los tiene en gran cantidad, ya que resultan ser parte de un proceso de faenamiento de animales como cerdos, los cuales presentan gran cantidad de grasas.

Se determinó que los parámetros ingresan al proceso de tratamiento con un valor de 178 (ml/l) el cual se reduce hasta un valor menor a 0,01 (ml/l), lo mismo sucede con las grasas y aceites que ingresan al sistema con un valor de 95.30 (mg/l) reduciéndose hasta 70 (mg/l) en la salida al afluyente, estos valores se encuentran

dentro del límite permisible por la normativa de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (TULAS, 2015).

Sin embargo, los niveles de DQO o la demanda química de oxígeno del agua son elevados en la entrada (6952 mg/l) y salida del sistema (2210 mg/l) estando muy por encima del límite de 500 (mg/l) establecido por la normativa nacional. Se conoce que el DQO es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica mediante medios químicos y convertirla en CO₂ y H₂O, por ello mientras más elevada sea la DQO, más contaminada estará el agua que sale de la planta de tratamiento del camal de Pelileo.

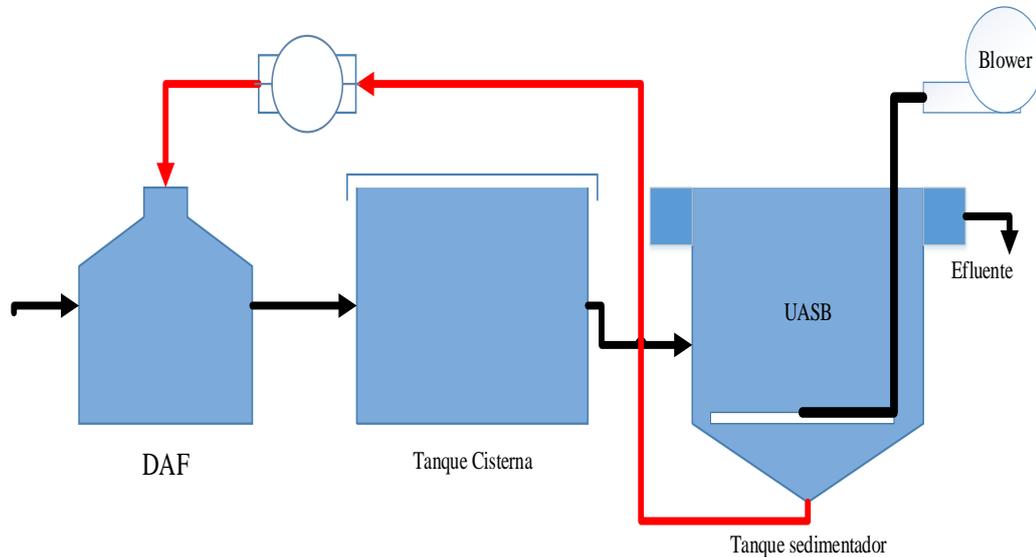
La materia orgánica consume al degradarse el oxígeno disuelto en el agua, si la concentración es muy alta puede implicar un consumo excesivo de oxígeno y provocar la asfixia de los organismos acuáticos, lo que requiere por tanto una acción de depuración de las aguas residuales y debido a los elevados niveles de DQO que se requiere una reconfiguración de la planta de tratamiento del camal Municipal de Pelileo, ya que el agua que sale de la misma puede causar problemas de contaminación a los recursos hídricos donde es descargada, afectando directamente a la población circundante y al medio ambiente.

La configuración del sistema de lodos activados no es la correcta por lo que se requiere realizar una corrección en las etapas del sistema, se requiere realizar una corrección a las etapas del sistema, se deduce que se produce una oxidación de la carga orgánica, por lo que se tiene una disminución de la DQO, sin embargo, no cumple con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, por lo que es necesario repotenciar el sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento estaba configurado de forma que se presenta que en la figura 20, cuando la configuración de este método de tratamiento tendría que seguir una secuencia igual a la que se puede ver en la figura 22, volviéndose obligatorio un cambio.

Figura 20.

Configuración actual de la PTAR



Nota: En la figura número 20 se observa la configuración del sistema de la PTAR con el que se contaba. **Fuente:** Elaboración Propia

En esta fase se podría indicar que los microorganismos necesitan de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON), los mismos que son los nutrientes principales; en menor cantidad existirán fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro, magnesio y molibdeno.

La relación a considerar para valorar la disponibilidad de nutrientes en las aguas residuales es la que se enuncia a continuación:

$$\frac{DBO}{\frac{N}{P}} = \frac{100}{\frac{5}{1}}$$

Algunos compuestos que están disueltos en el agua residual son muy difíciles de descomponer a través de vías microbianas y estas deben usarse tratamientos físico químicos para ser eliminados. Existen compuestos que son considerados tóxicos, como lo son los metales pesados, que pueden ser inhibitorios para el crecimiento de los organismos, sin embargo, este resultado es variable ya que dependen de las características de la biomasa, el tipo de proceso y el clima entre otros.

Tabla 12.*Concentraciones inhibitorias en procesos de oxidación biológica*

Parámetro	Concentración inhibitoria mg/l		
	Aerobia		Anaerobia
Aluminio		25	
Amoniaco	580		1500
Arsénico		0,1	
Cadmio	100		0,02
Calcio		2500	
Cianuros	5		1
Cloruros		15000	
Cobre	1		10
Cromo hexavalente	2		50
Fenoles		180	
Hidrocarburos		50	
Hierro	20		5
Magnesio	50		1000
Mercurio	0,005		1
Nitritos		35	
Plata		1 a 2	
Plomo		0,1	
Potasio		2500	
Sodio		3500	
Sólidos disueltos		15000	
Sulfatos		500	
Sulfuros		100	
Vanadio		10	
Zinc	5		20

Nota: En la tabla 12 se pueden ver las concentraciones inhibitorias mg/l para el crecimiento de los organismos **Fuente:** Adaptado de Lozano (2012).

En nuestro caso tenemos la presencia de un compuesto en estado inhibitorio que es el nitrito cuyo valor es de 538 mg/l, es decir este desactiva el proceso de lodos activados, o lo que es lo mismo, matan los microorganismos que oxidan la materia orgánica, se podría entender en este caso por qué la falta de eficiencia del sistema de lodos activados en el proceso actual, por lo que es necesario un proceso de repotenciación del sistema actual.

La condición adecuada para la acción bacteriana en un proceso aerobio es:

- a. Nutrientes suficientes.
- b. pH entre 6,5 y 8,5.
- c. Temperatura inferior a 38 °C.
- d. Presencia de oxígeno.
- e. Ausencia de sustancias tóxicas (esto no se da en nuestro proceso)

3.7. Evaluación de la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento

Para el cálculo de la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del canal del GAD de Pelileo se utilizó la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} * 100$$

$$E = (S_o - S) / S_o * 100$$

Donde:

- E: Eficiencia de remoción del sistema o de uno de sus componentes [%]
- S: Carga contaminante de salida.
- S0: Carga contaminante de entrada

El cálculo de la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del canal del GAD de Pelileo, se lo realizó en función del nivel de remoción de la materia orgánica: DQO, y la Tabla 10. Los resultados se compararon con los límites establecidos por la Normativa de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Tabla 13.

Parámetros de eficiencia del sistema de tratamiento

Parámetro de laboratorio	Eficiencia %
DQO	68,21

Nota: En la tabla 13 se puede mencionar que la eficiencia de la planta es del 68,21%, sin embargo, no cumple con los parámetros de descarga al alcantarillado público. **Fuente:** Elaboración propia

3.8. Propuesta de mejoramiento de la eficiencia de la planta de tratamiento

Una vez definidas la problemática central, fundamentada es la evaluación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento se propone una alternativa a la solución que han sido analizadas en un enfoque ambiental, para seleccionar la mejor alternativa.

Con el objetivo de incrementar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal del GAD de Pelileo, se diseñaron varias medidas de remediación. Entre las cuales se encuentra: tratamiento de la sangre, tratamiento de almacenamiento, construcción de un reactor biológico tipo carrusel, filtro lento de arena, cuyo fin es cumplir con los parámetros de descarga al alcantarillado público y cumplir por ende con la normativa ambiental vigente ecuatoriana.

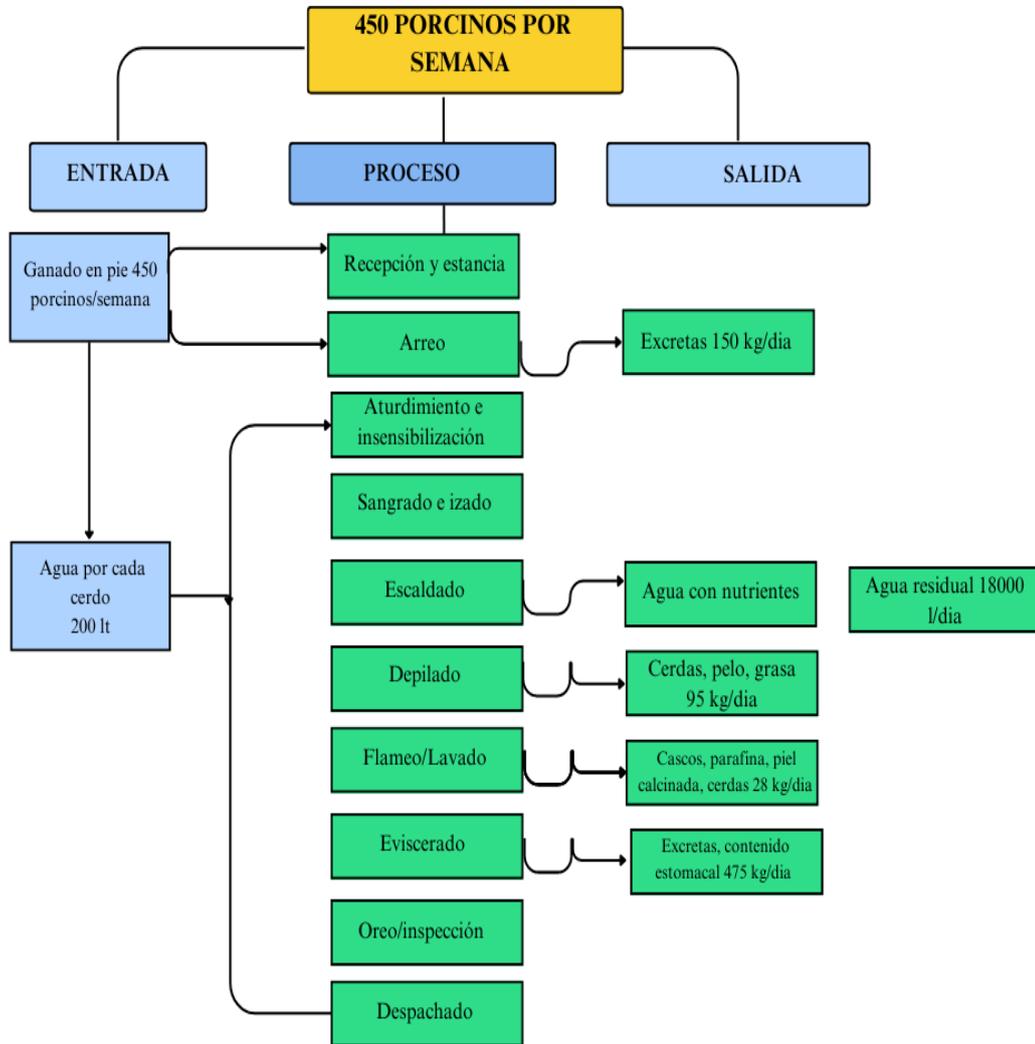
Durante la vista técnica llevada a cabo el día jueves 10 de noviembre de 2022, se logró constatar que a través de algunas modificaciones se puede mejorar el sistema de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, del cual los problemas y recomendaciones se mencionan a continuación.

A. Determinación del Caudal

Al no existir un caudal constante en la Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, se realizó un cálculo de la caudal resultante del proceso de producción, el cual se representa en la figura 21 para la producción porcina y la figura 12 para la producción vacuna.

Figura 21.

Determinación del caudal para faenamiento porcino



Nota: En la figura 21 se pueden ver las etapas del proceso de faenamiento de porcinos. **Fuente:** Elaboración Propia.

Se faenan 450 cerdos en la semana de lunes a viernes es decir 5 días hábiles, en los cuales para su faenamiento se usan aproximadamente 200 l por cada porcino.

$$Q = \frac{V}{t}$$

(1)

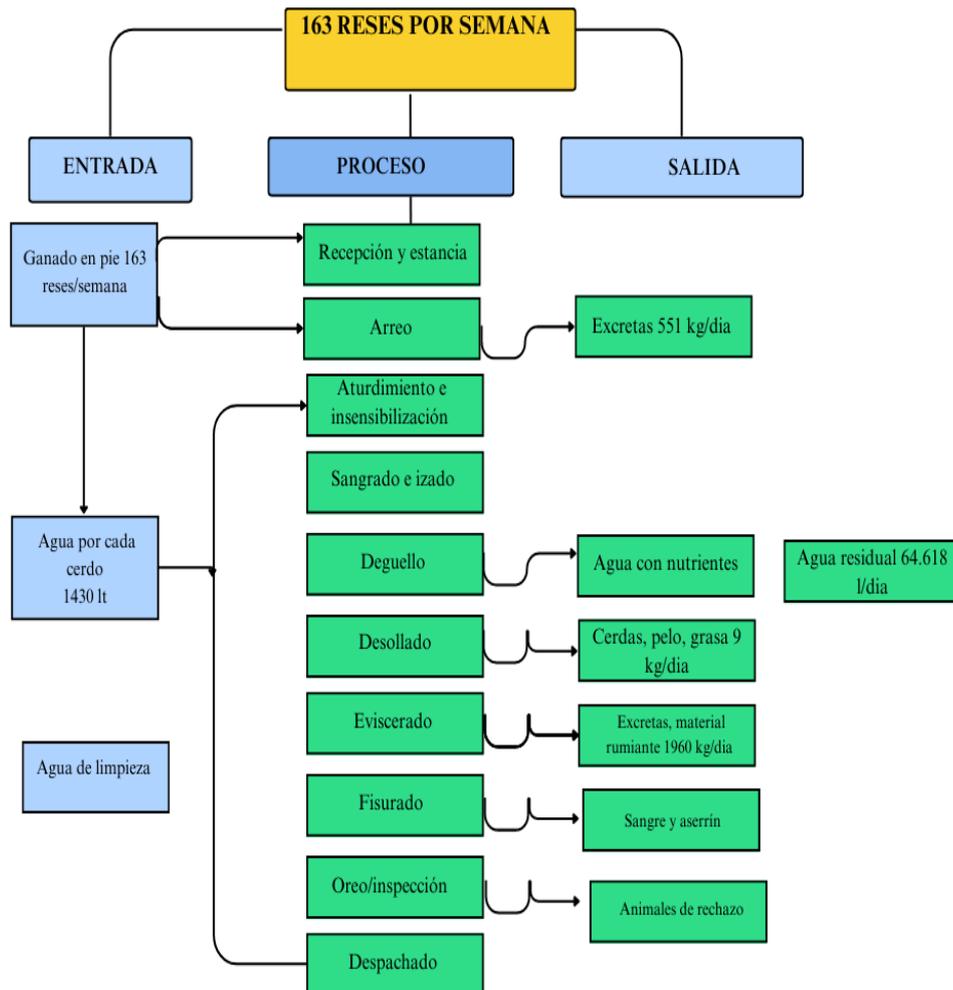
$$Q = \frac{(450 \text{ cerdos} * 200 \text{ lt})}{\text{semana}}$$

$$Q = \frac{90.000 \text{ l}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ dias}}$$

$$Q = 18.000 \frac{\text{l}}{\text{dia}}$$

Figura 22.

Determinación del caudal para faenamiento vacuno



Nota: En la figura 22 se pueden ver las etapas del proceso de faenamiento de vacuno. **Fuente:** Elaboración Propia.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{(163 \text{ reses} * 1430 \text{ lt})}{\text{semana}}$$

$$Q = \frac{233.090 \text{ lt}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ dias}}$$

$$Q = 46.618 \frac{\text{lt}}{\text{dia}}$$

$$Q_{total} = 46.618 \frac{\text{lt}}{\text{dia}} + 18.000 \frac{\text{lt}}{\text{dia}}$$

$$Q_{total} = 64.618 \frac{\text{lt}}{\text{dia}} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ lt}} = 64,618 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3}$$

$$= 2,22 \text{ l/s}$$

Se obtiene un caudal aproximado de 2,22 litros por segundo.

B. Proceso de tratamiento de sangre

Para la correcta eliminación de la sangre animal, se debe crear un proceso que transforme la sangre del faeno en otros productos que puedan ser utilizados como alimentos de animales, abono para la tierra, productos cárnicos, etc.

La harina de sangre es una fuente de proteína la misma que se puede usar en la fabricación de balanceados para los animales domésticos como croquetas para perros, gatos.

De la sangre se pueden obtener productos derivados un ejemplo es añadirle anticoagulante y de esta manera preparar embutidos de sangre, cuando se centrifuga se separa el plasma en la que se pueden producir plasma congelado, plasma deshidratado entre otros los glóbulos rojos también se pueden deshidratar los mismos que sirven como abono alimentación humana o animal, en sus fases hemo y globina se pueden usar para la tipografía fotografía, al extraer la fibrina se usa en la industria farmacéutica.

El proceso será el siguiente:

Sangrado y recolección: La sangre se puede recolectar de manera normal a través de una bandeja para la sangre de un metro de ancho con la debida inclinación desde

la que pasa a un contenedor para su posterior proceso. La superficie de la bandeja debe ser lisa e impermeable, de acero inoxidable o de hormigón liso.

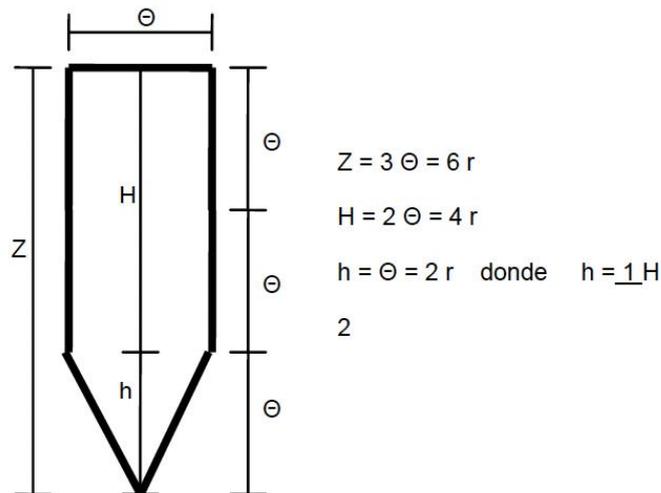
Generalmente se usan dos tipos de sistemas para la recolección el del vacío y el neumático, los dos métodos pueden usarse para transportar la sangre a un tanque o la propia planta de elaboración ubicada en otro sitio o en el mismo lugar.

Se propone la alternativa para aprovechar la sangre que se integra por los siguientes equipos que se detallan: tanque de almacenamiento, cooker o digestor. Las ecuaciones utilizadas se describen a continuación para cada uno de los equipos.

Dimensionamiento del tanque de almacenamiento. La característica de este tanque es que tiene una geometría cilíndrica en la parte superior y geometría cónica en la parte inferior.

Figura 23.

Diseño del tanque de almacenamiento



Nota: En la figura 23 se pueden ver los cálculos para el diseño del tanque de almacenamiento. **Fuente:** Elaboración Propia.

Es importante usar las siguientes ecuaciones y relaciones matemáticas.

- Relación 1:3 para el dimensionamiento
- V total = 1200 L de mezcla
- Factor de Seguridad = 15%
- $V_{TOTAL} = V_{cilindro} + V_{cono}$
- $V_{TOTAL} = \pi r^2 H + \frac{1}{3} \pi r^2 h$

$$V_{a\ dimensionar} = 1200\ l * (1 + 0,15)l \tag{2}$$

$$V_{a\ dimensionar} = 1380\ l * \frac{m^3}{1000l}$$

$$V_{a\ dimensionar} = 1,38\ l$$

$$V_{TOTAL} = V_{cilindro} + V_{cono} \tag{3}$$

$$V_{TOTAL} = \pi * r^2 * H + \frac{1}{3} \pi * r^2 \left(\frac{1}{2}H\right)$$

$$V_{TOTAL} = \pi * r^2 * H + \frac{1}{6} \pi * r^2 * H$$

$$V_{TOTAL} = \frac{7}{6} \pi * r^2 * H$$

$$V_{TOTAL} = \frac{7}{6} \pi * r^2 * 4r$$

$$V_{TOTAL} = \frac{28}{6} \pi * r^3 = \frac{14 \pi r^3}{3}$$

$$1.38\ m^3 = \frac{14 \pi r^3}{3}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{1,38 \text{ m}^3}{\pi} * \frac{3}{14}}$$

$$r = 0,455 \text{ m}$$

$$\Theta = 0,910 \text{ m}$$

$$H = 1,828 \text{ m}$$

$$h = 0,910 \text{ m}$$

$$Z = 2,729 \text{ m}$$

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * H$$

(4)

$$V_{cilindro} = \pi * (0,455 \text{ m})^2 * (1,828 \text{ m})$$

$$V_{cilindro} = 1,183 \text{ m}^3$$

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi * r^2 * h$$

(5)

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi * (0,455 \text{ m})^2 * (0,910 \text{ m})$$

$$V_{cono} = 0,197 \text{ m}^3$$

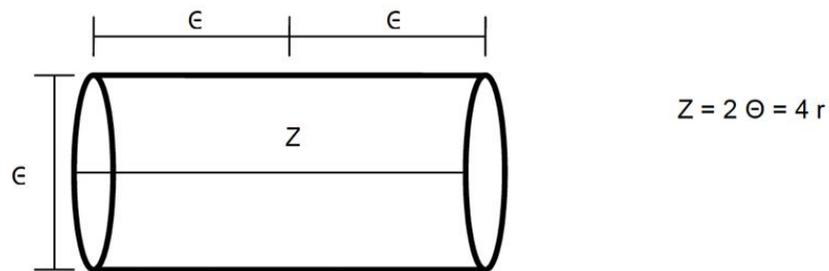
$$V_{TOTAL} = 1,183 \text{ m}^3 + 0,197 \text{ m}^3$$

$$V_{TOTAL} = 1,38 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento del cooker o digestor. La característica de este equipo se caracteriza por tener una forma cilíndrica horizontal.

Figura 24.

Diseño del cooker o digestor



Nota: En la figura 24 se pueden ver los cálculos para el diseño del tanque digestor

Fuente: Elaboración Propia.

Se utilizarán las siguientes ecuaciones y relaciones matemáticas:

- Relación 1:2 para el dimensionamiento
- $V_{total} = 1500$ L de mezcla
- $V_{aspas} = 10\%$
- $V_{total \text{ sin aspapas}} = 1350$ L
- Factor de Seguridad = 15%
- $V_{TOTAL} = V_{cilindro}$
- $V_{TOTAL} = \pi r^2 Z$
- $Z = 2 \Theta = 4 r$

$$V_{a \text{ dimensionar}} = 1350 \text{ l} * (1 + 0,15)l$$

$$V_{a \text{ dimensionar}} = 1552.5 \text{ l} * \frac{m^3}{1000l}$$

$$V_{a \text{ dimensionar}} = 1,553 \text{ l}$$

$$V_{TOTAL} = V_{cilindro}$$

$$V_{TOTAL} = \pi * r^2 * Z$$

$$V_{TOTAL} = \pi * r^2 * (4r)$$

$$V_{TOTAL} = 4 * \pi * r^3$$

$$1,553 \text{ m}^3 = 4 * \pi * r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{1,553 \text{ m}^3}{4 * \pi}}$$

(6)

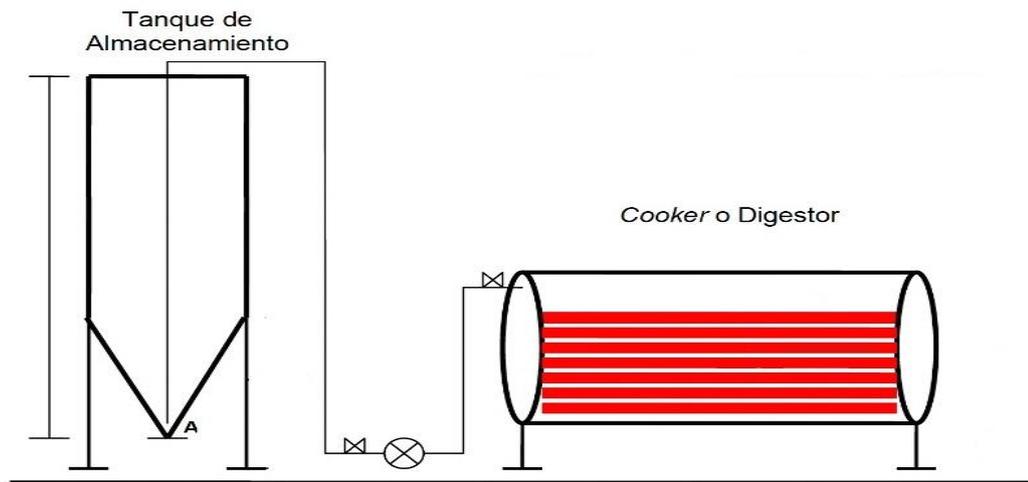
$$r = 0,498 \text{ m}$$

$$\Theta = 0.996 \text{ m aproximado } 1 \text{ m}$$

$$Z = 2 * \Theta = 1,992 \text{ m aproximado } Z = 2 \text{ m}$$

Figura 25.

Sistema para la deshidratación de sangre



Nota: En la figura 25 se puede ver el diagrama del Sistema para la deshidratación de sangre **Fuente:** Elaboración Propia.

La implementación de este sistema de deshidratación de sangre reducirá la carga contaminante es decir de manera considerable la demanda de oxígeno y colorantes de las aguas residuales descargadas en el alcantarillado, por lo que es este tipo de procesos se debe promover.

Se estima que aproximadamente el 70% de sangre proveniente de mataderos se procesa para convertirla en harina, uso como fertilizante, o para elaboración de balanceados, con este proceso se consigue la disminución sustancial del nivel de contaminación de las aguas, por lo que se genera un valor agregado y fuentes de trabajo.

C. Tanque de almacenamiento

La bomba sumergible que alimentaba al separador de sólidos tenía un caudal de 16.92 l/s, mismo que era altamente elevado, debido a que la PTAR estaba programada para un caudal de funcionamiento óptimo de 1 a 3 l/s, debido a ello se deberá colocar un tanque de almacenamiento de una capacidad mayor al ya existente en la planta (Figura 29) mismo que tiene un volumen de 2.5 m³. Gracias a este cambio se logrará contener el elevado caudal que ingresa al sistema de tratamiento primario, primario avanzado y secundario.

Figura 26.

Tanque de almacenamiento actual de la planta de tratamiento



Nota: En la figura número 26 se pueden observar el tanque de almacenamiento con el que cuenta la PTAR del camal de Pelileo actualmente. **Fuente:** Elaboración Propia

Asimismo, se recomienda la edificación de un tanque que posee un volumen de almacenamiento de $86,4 \text{ m}^3$, considerando un caudal del 30% adicional al caudal calculado, mismo que por disposición de construcción puede tener 6 m a lo largo y ancho, y 2.4 m de profundidad. Con el fin de impedir malos olores, dicho tanque tendrá que estar aireado mediante tubería de clase flauta de burbuja gruesa, el blower de aireación tendrá que poseer un caudal de $120 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$ de aire, y una presión de 3 [m.c.a] mínima. Conjuntamente, en el tanque tendrá que colocarse una bomba de caudal de 2 [l/s] , para poder tratar al agua residual durante un periodo de 12 horas.

Calculo del volumen del tanque de almacenamiento:

$$V = l * l * l$$

$$V = 6m * 6m * 2,4m$$

$$V = 86,4 \text{ m}^3$$

El tanque almacenará el agua que se genera de la separación de sólidos, puesto que ese tanque de almacenamiento actual es muy pequeño para almacenar el agua residual.

D. Secuencia de funcionamiento de DAF

Para un adecuado funcionamiento de la PTAR se tendrá que ingresar el químico de floculante mediante la bomba dosificadora, al agua residual en el instante que la bomba de caudal se ponga en marcha; por ello las dos bombas tendrán que conectarse en paralelo a la acción de las boyas, sin embargo, en sus contactores individuales correspondientes.

La bomba dosificadora se activa automáticamente con una dosificación de 20,83 litros por hora, para tener una correcta dosificación de químico y floculación del agua en el tanque DAF de la PTAR.

Para determinar la cantidad y el tipo de coagulante se realizaron dos pruebas de jarras, la primera dió como resultado un valor de 0,5 gramos por litro de efluente,

se puede ver en la figura 27. Una vez que se obtuvo este dato se redujo la dosis en una segunda prueba de jarras, cuyo resultado óptimo dio un valor de 0,35 gramos por litro de sulfato de aluminio, ver figura 28.

El policloruro de aluminio es utilizado principalmente como coagulante, cuya función es remover el color y materia coloidal en sistemas acuosos, clarificación de efluentes industriales se reemplaza al sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y otras sales inorgánicas tradicionales que no son polímeros.

Figura 27.

Efluente del Camal de Pelileo previo a la prueba de laboratorio



Nota: En la figura 27 se pueden ver el agua residual del camal previo a su tratamiento.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 28.

Flóculos después de la prueba de laboratorio.



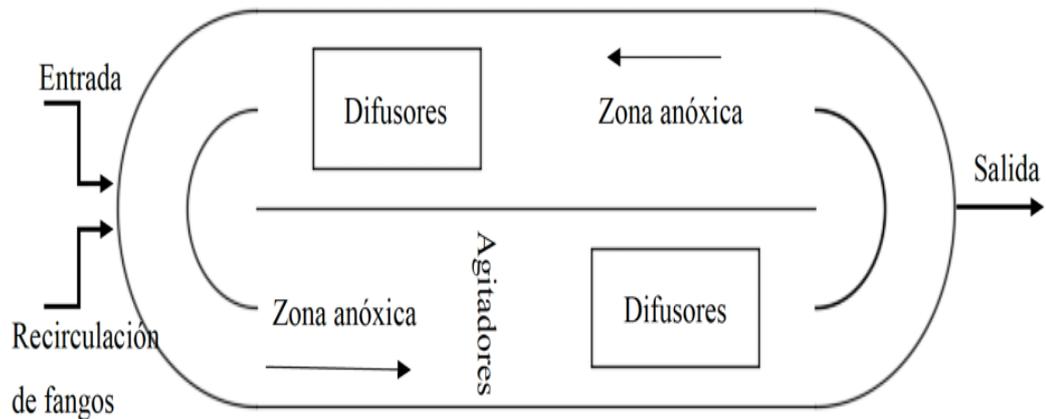
Nota: En la figura 28 se pueden el agua residual del camal previo después de su tratamiento. **Fuente:** Elaboración Propia

E. Reactor biológico tipo carrusel o de aireación prolongada

La aireación prolongada se encaja en lo que es el proceso de fangos activados tradicionales en el cual se reduce la cantidad de lodo residual, debido a que aumenta el tiempo de residencia, así como el tiempo del fango. El resultado al incremento del tiempo de residencia, el volumen del reactor, es más alto que el que se requiere en el proceso de lodos activados. Se recomienda usar el reactor biológico tipo carrusel con difusores de burbuja fina y turbinas conductoras de flujo. A continuación, se muestra un gráfico del reactor tipo carrusel, en el que se distinguen las zonas óxica y anóxica, y los puntos de aireación, tal como se muestra en la figura 29.

Figura 29.

Esquema del reactor tipo carrusel



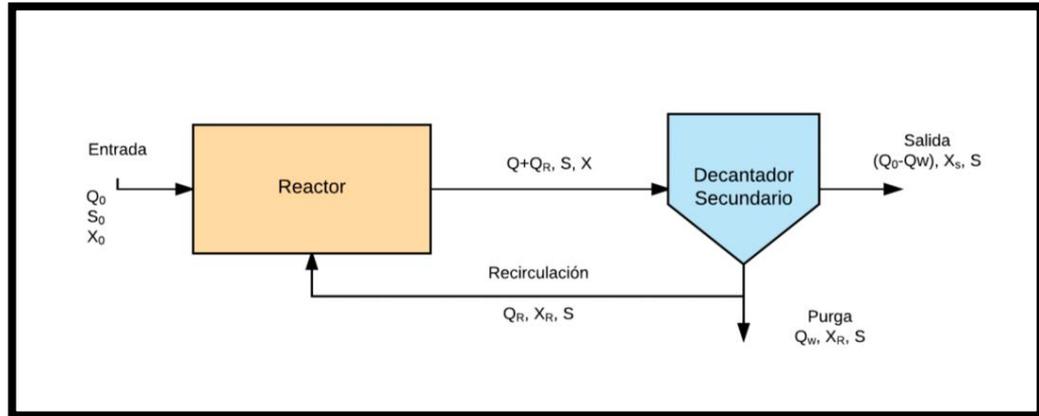
Nota: En la figura 29 se puede ver el esquema con el que se diseñara el reactor tipo carrusel. **Fuente:** Elaboración Propia.

El tratamiento biológico de estas aguas residuales mediante este proceso de fangos activados el desecho orgánico ingresa en un reactor, aquí se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión, este contenido se lo llama líquido mezcla, la degradación biológica de la materia orgánica que están en el agua residual se da en este reactor, se da de manera aerobia y con el uso de aireadores mecánicos, turbinas o inyectores, dan lugar a la homogeneización de la mezcla para evitar la sedimentación de los flóculos.

Al mantener un determinado tiempo en el reactor, el agua, el licor mezcla pasan a un decantador secundario que tiene como fin la separación del efluente depurado con los lodos (Figura 31). Una parte de estos lodos recirculan nuevamente al reactor cuya finalidad es conservar en la concentración adecuada de microorganismos, los sobrantes de lodos se someterán constantemente a una purgación.

Figura 30.

Diagrama de flujo del tratamiento secundario.



Nota: En la figura 16 se puede observar el diagrama de flujo del tratamiento secundario donde se presentan las ecuaciones que garantizan el correcto funcionamiento del mismo. **Fuente:** Elaboración Propia.

Donde:

$$Q_0 = \text{Caudal de entrada al reactor}$$

$$Q_R = \text{Caudal recirculado}$$

$$Q_w = \text{Caudal purga de fango}$$

$$X_0 = \text{Concentración de microorganismos a la entrada del gestor}$$

$$X = \text{Concentración de microorganismos a la salida del gestor}$$

$$X_s = \text{Concentración de microorganismos a la salida del decantador}$$

$$X_R = \text{Concentración de microorganismos en la recirculación}$$

$$S_0 = \text{Concentración de sustrato en el afluente}$$

$$S = \text{Concentración de sustrato en el efluente}$$

Se dan cinco operaciones bien marcadas:

- a. La oxidación, que se realiza en el reactor biológico a través de microorganismos.
- b. la aireación que es suministrada por el oxígeno necesario para que se den más reacciones de oxidación que realizan los microorganismos ya descritos.
- c. La decantación, lugar donde se separa el sólido y el líquido.
- d. El proceso de recirculación de lodos, cuya función es mantener la concentración de microorganismos en el reactor.
- e. Extraer los lodos en exceso.

El proceso de oxidación se da en el reactor biológico tipo carrusel, aquí los microorganismos se ponen en contacto con el agua residual y se producen los procesos de nitrificación, des nitrificación, eliminación de DBO y eliminación de fósforo.

- **Nitrificación biológica**

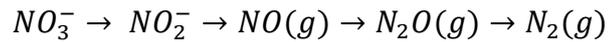
Este es el primer proceso para la eliminación del nitrógeno a través de proceso de nitrificación – des nitrificación, las bacterias que actúan en este proceso son los nitrosomas, estas se encargan de oxidar el amoníaco en nitrito, y las nitrobacter que convierten el nitrito en nitrato, es necesario que el pH este entre 7,5 y 8,6 y la concentración del nitrógeno sea por encima del 1mg/l para un crecimiento correcto de los microorganismos.

El proceso de nitrificación se da cuando este proceso y el tratamiento de la materia orgánica carbonosa se ejecutan en un solo reactor. La oxidación del amoníaco a nitrato se da con aire u oxígeno puro.

- **Desnitrificación biológica**

La eliminación del nitrógeno en su forma de nitrato a través del cambio en nitrógeno gas se puede lograr biológicamente en condiciones anóxicas es decir sin oxígeno, el proceso convierte el nitrógeno en nitratos por la actividad de varias bacterias.

Lo primero es transformar el nitrato en nitrito y por consiguiente se genera óxido nítrico, óxido nitroso y nitrógeno gas.



(7)

Los compuestos gaseosos son liberados a la atmosfera. Además, los parámetros tomados en cuenta para el diseño del sistema de fangos activados se presentan en la tabla 14.

Tabla 14.

Parámetros de diseño habituales para procesos de fangos activados.

	Aireación prolongada
Edad del fango (θ_c , días)	≥ 15
Tiempo de retención hidráulico (t_R) horas	16 – 24
Carga másica (kg DBO5 /kg MLSSV·d)	0,05 - 0,15
Carga Volúmica (kg DBO5/m ³)	0,16 - 0,3
MLSSV (mg/l)	2000 - 6000
O.C. (kg O ₂ /kg DBO ₅)	1,4 - 1,6
% Reducción DBO	90
mgO ₂ g· MLSS·h	3-8
Exceso Fangos (kg/kg DBO)	0,15 - 0,3

Nota: En la tabla 13 se pueden ver los valores de los parámetros para el diseño del sistema de fangos activados. **Fuente:** Elaboración Propia.

De acuerdo a la alimentación en nuestro caso será un reactor de flujo continuo debido a que se presenta una entrada y una salida permanente del caudal, el tratamiento de aguas se realiza de manera simultánea.

Calculo del volumen del reactor

Se calcula con la siguiente expresión considerando que existen bacterias heterótrofas métodos de operación de los reactores de lodos activados, aireación extendida o prolongada:

$$V = \frac{TRC * Y * Q * (S_0 - S)}{X * [1 + (K_d * TRC)]}$$

Donde:

- V = volumen del reactor (m^3)
- TRC = tiempo de retención celular (d)
- Y = coeficiente de crecimiento bacteriano (oscila entre 0,4 y 0,8)
- Q = caudal de aguas residuales (m^3 /d)
- S_0 = DQO inicial en el afluente (kg/m^3)
- S = DQO final en el efluente (kg/m^3)
- X = SSLM -sólidos suspendidos del licor mezclado- en el tanque (kg/m^3)
- K_d coeficiente de eliminación de bacterias (oscila entre 0,040 – 0,075)

$$V = \frac{10 \text{ d} * 0,5 * 64,618 \frac{m^3}{d} * (2,210 \frac{Kg}{m^3} - 0,5 \frac{Kg}{m^3})}{6 \frac{Kg}{m^3} * [1 + (\frac{0,05}{d} * 10d)]}$$

$$V = 87,69 \text{ m}^3$$

Cálculo del tiempo de retención hidráulica

$$THR = \frac{V}{Q}$$

$$THR = \frac{87,69 \text{ m}^3}{64,618 \frac{m^3}{d}} = 1,37 \text{ d } 0,057 \text{ h}$$

Cálculo de la carga másica

$$C_m \frac{S_0 * Q}{V * X}$$

$$C_m \frac{2,210 \frac{Kg}{m^3} * 64,618 \frac{m^3}{d}}{87,69 m^3 * 6 \frac{Kg}{m^3}} = 0,274 \frac{kg DQO}{Kg SSLM * d}$$

Se determina el caudal de purga, despejando Q_p , de la fórmula del cálculo de retención celular por lo tanto es:

$$Q_p = \frac{V * X}{TRC * X_R}$$

$$Q_p = \frac{87,69 m^3 * 6 \frac{Kg}{m^3}}{10 d * 15 \frac{Kg}{m^3}} = 3,50 \frac{m^3}{d} = 0,0405 \frac{l}{s}$$

El caudal de purga es igual al volumen que se extrae del decantador secundario el mismo que se trasladará a tratamiento de lodos. La otra porción retornara, al reactor como caudal de recirculación, el volumen o caudal de recirculación “ Q_r ” se calcula de la siguiente manera:

$$Q_r = \frac{(Q * X) - (Q_p * X_r)}{X_r - X}$$

$$Q_r = \frac{\left(64,618 \frac{m^3}{d} * 6 \frac{Kg}{m^3}\right) - \left(3,50 \frac{m^3}{d} * 15 \frac{Kg}{m^3}\right)}{15 \frac{Kg}{m^3} - 6 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$Q_r = 37,24 \frac{m^3}{d}$$

Por lo que la tasa de recirculación es:

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{Q_r}{Q}$$

$$\text{Tasa de recirculación} = \frac{37,24 \frac{m^3}{d}}{64,618 \frac{m^3}{d}} 0,576 * 100 = 57,63\%$$

Se calcula por último la relación alimento/microorganismos (F/M)

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * S_0}{V * X}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{64,618 \frac{m^3}{d} * 2,210 \frac{Kg}{m^3}}{87,69 m^3 * 6 \frac{Kg}{m^3}} 0,278$$

F. Filtro lento de arena

La filtración biológica se trata de que circule agua a través de arena fina. El fundamento se refiere en que se forma una capa biológica, en donde se desarrolla una degradación química y biológica que disminuyen la materia que esta retenida estructuras más simples.

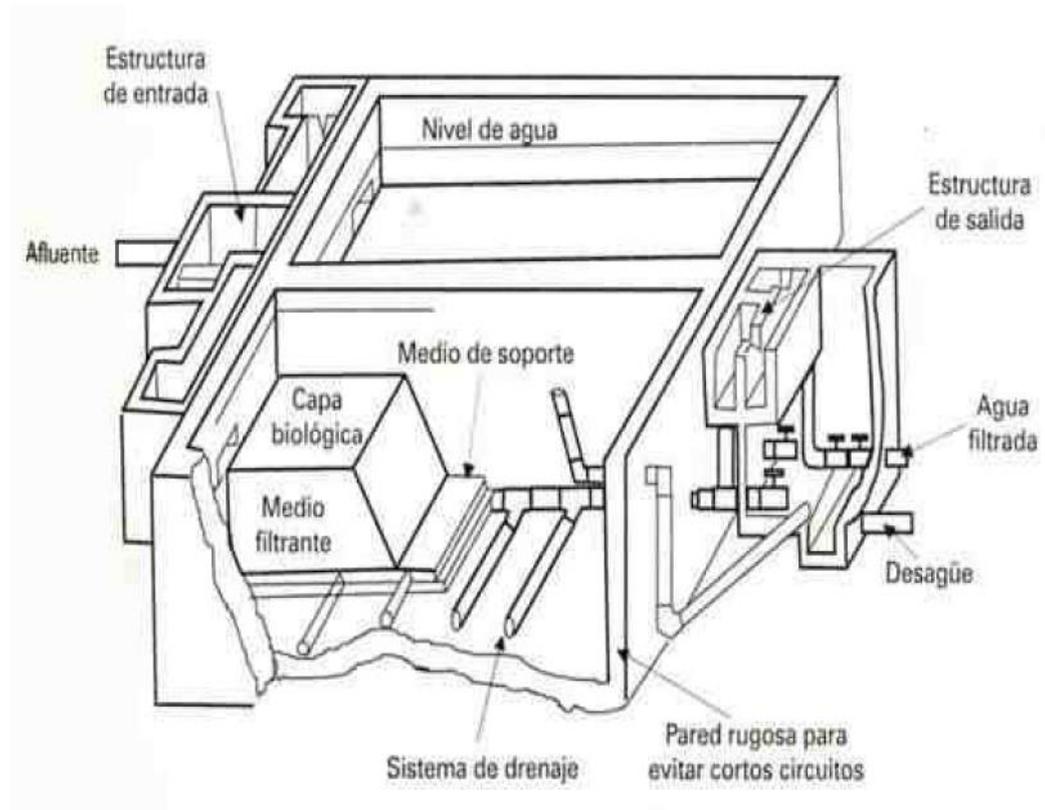
Considerando los parámetros de Hazen y de la velocidad de filtración se puede detallar un filtro lento como aquel que tiene:

- a. El componente filtrante es fino con una talla efectiva (D_{10}) comprendida entre 0,15 y 0,35 mm.
- b. $C_u < 3$ (recomendado < 2), el objetivo no es la gran distribución de tamaños de partículas.
- c. Velocidad específica de filtración (caudal / superficie horizontal del filtro) entre 0,1 – 0,4 m/h.
- d. El agua bruta a filtrar debe ser de baja turbidez y de valor estable, con unos valores de sólidos en suspensión (SS) < 15 mg/l y una turbidez < 5 UNT

Si el agua residual que ingresa a la filtración lenta es mayor a los valores de turbidez fijados o contienen altas concentraciones de SS hay que emplear procesos anteriores de decantación. Además, en la figura 31 se presenta el diagrama del filtro de arena.

Figura 31.

Esquema del filtro lento de arena.



Nota: En la figura 31 se pueden observar los elementos que conforman el filtro de arena, donde se distinguen el nivel de agua, la capa biológica y el sistema de drenaje. **Fuente:** Elaboración Propia.

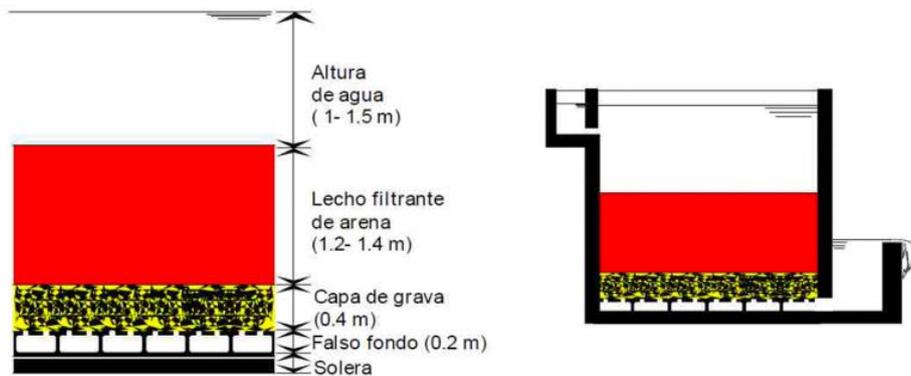
En la parte superficial del lecho filtrante se evidencia una membrana biológica que tiene un espesor que varía de 1 y 2 cm está formada por varios tipos de microorganismos que cumplen la función de filtración en superficie, adicional son puedes eliminar materia orgánica disuelta y coliformes.

Para que se forme esa biomembrana se necesita pasar un específico intervalo de tiempo, llamado maduración del filtro, que es muy inestable y depende principalmente del tipo de agua generalmente varios días.

La arena debe cambiarse cada 5 años, más o menos, el diseño del filtro se presenta en la figura 32.

Figura 32.

Sección del filtro lento



Nota: En la figura 18 se observar las medidas que deberá tener el filtro lento, ya sea en la capa de grava y lecho filtrante que se recomienda arena blanca. Fuente. Elaboración Propia.

La altura máxima del nivel de agua sobre el lecho comúnmente esta entre 1 y 1,5 metros. Conforme el lecho se va ensuciando, la altura de agua va a aumentar al incrementarse la pérdida de carga.

El lecho filtrante de arena blanca suele tener un espesor que varía entre 1,2 y 1,4 metros. Bajo del lecho de arena se coloca una capa de grava que funciona como soporte y filtro de la arena. Por debajo de la grava se pone una solera perforada, ladrillos con huecos o tramos de tuberías que no están juntas, que funciona como drenajes de fondo.

El espacio de porosidad de la arena, varía entre un 40 y 60 %. Las arenas suelen tener una porosidad total menor a la porosidad de las arcillas y suelos orgánicos.

Es conveniente tener varios filtros para funcionar de forma alterna (limpieza, maduración, etc.). Con la implementación de este sistema obtendremos un agua de calidad alta, debido a que se disminuye la contaminación bacteriológica que deja

un agua en excelentes condiciones, la turbidez disminuye en relación a la inicial de un 90 a 99%.

Visto de la parte interna la materia orgánica está formada por los datos de la tabla 15:

Tabla 15.

Parte interna la materia orgánica

Variables Orgánicas			
si	Material orgánico inerte	gCOD/m3	21,500
ss	Sustratos fácilmente biodegradables	gCOD/m3	86,000
xi	Material orgánico inerte en partículas	gCOD/m3	55,900
xs	Sustrato lentamente biodegradable	gCOD/m3	266,600
Xbh	biomasa autótrofa activa	gCOD/m3	0,00
Xba	partículas no biodegradables de la descomposición celular	gCOD/m3	0,00
Xu	biomasa heterótrofa activa	gCOD/m3	0,00
xsto	producto de almacenamiento celular interno	gCOD/m3	0,00

Nota: En la tabla 15 se presentan las variables que componen la materia orgánica que conformara el filtro de arena. **Fuente:** Elaboración Propia.

$$X = 430,00 \text{ gDQO/m}^3$$

Calculo del área del filtro.

El área del filtro se debe dimensionar para desaguar totalmente en 40 horas si es menos mucho mejor. Para este dimensionamiento se sugiere usar la siguiente ecuación basada en los principios de la ley de Darcy (CIRIA C-697). La profundidad del lecho filtrante se debe encontrar entre 0,45 y 0,6 m, el coeficiente de permeabilidad es variable, pero se puede adoptar como valor típico 1 m/d.

$$A_f = \frac{V_t(L)}{k(h + L)t}$$

(8)

- A_f =Superficie del lecho (m^2)
- V_t = Volumen de calidad del agua a tratar (m^3)
- L = Profundidad del lecho filtrante (m). Valores típicos: 0,4 m-0,6 m
- k = Coeficiente de permeabilidad
- h = Calado medio del volumen temporal sobre el filtro, es la mitad del calado máximo que suele ser inferior a 2.
- t =Tiempo requerido para tratar el volumen de calidad de agua.

Se recomiendan 40 horas máximo.

$$A_f = \frac{86,4 \text{ m}^3 (0,5 \text{ m})}{1 \text{ m/d} (1 + 0,5 \text{ m}) 1,66 \text{ d}}$$

(9)

$$A_f = \frac{43 \text{ m}^4}{1 \text{ m/d} (1,5 \text{ m}) 1,66 \text{ d}}$$

$$A_f = \frac{43 \text{ m}^4}{1 \text{ m/d} (1,5 \text{ m}) 1,66 \text{ d}}$$

$$A_f = 17,34 \text{ m}^2$$

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- ⇒ Se llevó a cabo la caracterización de aguas residuales, a través de la recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento y transporte de muestras de agua del camal municipal de Pelileo, siempre manteniendo la cadena de custodia de la muestras hasta llegar al laboratorio acreditado por el SAE, lugar donde se llevó a cabo el análisis de parámetros físicos como el potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, turbidez, nitratos, sulfatos, fosfatos, coliformes totales, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, ello permitió determinar si la planta de tratamiento de aguas residuales cumplía o no con los requerimientos que fue diseñada e implementada.
- ⇒ Las características que el agua residual presento en la entrada de la planta de tratamiento fueron una alta cantidad de grasas y aceites con un valor de 96,30mg/l, la demanda química de oxígeno de 6952 mg/l y el Nitrógeno Total Kjeldahl de 138 mg/l, todos estos valores estaban por encima de la normativa de comparación TULAS-AM097 ello resultaba en un problema para llevar a cabo un tratamiento biológico que no sea mediante lodos activados, estas cantidades se redujeron una vez el agua había pasado por la planta, para finalmente ser cantidades muy pequeñas en la salida al afluente con valores de grasas y aceites de 70,00 mg/l, sin embargo, en este punto el nivel de DQO (2210 mg/l) y el Nitrógeno Total Kjeldahl (116 mg/l), aún era

elevado y no cumplía con la normativa, por lo que no se necesitaba del adidamiento de bases para mejorar los procesos fisicoquímicos.

- ⇒ Con respecto a la eficiencia de la planta de tratamiento se determinó que la configuración del sistema de lodos activados no era la correcta, además de que la aireación producía una correcta oxidación de la carga orgánica logrando una disminución de la DQO, sin embargo, la eficiencia solo fue del 68,21%, por lo que no se cumplía con los parámetros de descarga al alcantarillado público.
- ⇒ Previo al ingreso del agua a la planta de tratamiento, se concluye que se debe añadir un proceso de secado de sangre o mejor dicho la separación de la sangre del agua, con el fin de que esta puede ser utilizada para la elaboración de subproductos, como harinas y comida para animales, además de que favorecía el proceso de tratamiento del agua, ya que al ser separadas se eliminan una gran cantidad de residuos sólidos.
- ⇒ Para el sistema de repotenciación de la planta se estableció el cambio del tanque de almacenamiento por uno de mayor capacidad debido al alto caudal del blower de aireación, no obstante, el principal cambio es la modificación de la configuración de la PTAR donde, se debe implantar un reactor biológico tipo carrusel y un filtro lento de arena, consiguiendo que las descargas cumplan con la normativa actual vigente, la planta tiene menos de 5 años de funcionamiento y sus equipos aún son útiles.

4.2. Recomendaciones

- ⇒ Se recomienda que durante el muestreo de agua utilizar el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 y el Equipo de Protección Personal (EPP), y así evitar errores en el resultado, además se debe llevar a cabo monitoreo de agua semestrales.
- ⇒ El personal de la planta de tratamiento de agua residual del camal Municipal del cantón de Pelileo, tiene que ser capacitado para que pueda operar y dar un adecuado mantenimiento, a los equipos e infraestructura con el fin de optimizar la eficiencia de estos.

⇒ Se recomienda, implementar un plan de mantenimiento preventivo continuo y correctivo en la planta de tratamiento de aguas residuales del camal Municipal del cantón de Pelileo, con el fin de conservar el funcionamiento adecuado de los equipos y estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCALIDAD. (2018). Bienestar Animal Faenamiento de Animales de Producción. *Agrocalidad; MAGAP*, 78.
- Antúnez Sánchez, A., & Guanoquiza Tello, L. L. (2018). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, 5337(19), 64–101. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, 449, 1–219. <https://bde.fin.ec/wp-content/uploads/2021/02/Constitucionultimodif25enero2021.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. In *Registro Oficial Suplemento* 983 (pp. 1–92). http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Borja, D., Salazar Llangarí, K., & Brito Moina, H. (2019). Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba. *Ciencia Digital*, 3(2), 783–794. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.497>
- Cabrera, M., Montenegro, L., & Andrea, J. (2022). Analysis of a Wastewater Treatment System from a Sausage Factory. *Revista Politecnica*, 49(2), 47–54. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.05>
- Cabrera Vallejo, M. V., Mejía-Lopez, A., & Carillo, Y. (2017). Remoción De Contaminantes Orgánicos Presentes En Agua Residual Doméstica Mediante Prototipo a Escala De Laboratorio. *La Granja*, 26(2), 72. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.07>
- Camacho-Ballesteros, A., Ortega-Escobar, H. M., Sánchez-Bernal, E. I., & Canchulim, Á. (2020). Indicadores de calidad físico-química de las aguas

- residuales del estado de Oaxaca, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(2), 361–375. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.610>
- Cascaret, D., Pérez, N., Marañón, A., & Aguilar, R. (2009). Caracterización Físico-Química De Las Aguas Residuales De La Planta Galvánica, Empresa Conformadora “30 De Noviembre.” *Revista Cubana de Química*, XXI(2), 22–28.
- Chávez Vera, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Dominio de Las Ciencias*, 3(1), 536–560.
- GAD Pelileo. (2021a). *Determinación de la eficiencia hidráulica-Planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua* (pp. 1–184).
- GAD Pelileo. (2021b). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO. In *Memoria Técnica* (pp. 1–382).
- GAD Pelileo. (2022). Equipo técnico especializado trabaja permanentemente en el monitoreo y análisis del agua potable. *Municipio de Pelileo*. <https://pelileo.gob.ec/portal/equipo-tecnico-especializado-trabaja-permanentemente-en-el-monitoreo-y-analisis-del-agua-potable/>
- Galindo Pardo, F. V., Jacobo-Salcedo, M. del R., Cueto, J. A., Reta Sánchez, D. G., García Hernández, J. L., & Vázquez-Vázquez, C. (2020). Caracterización de aguas residuales tratadas de la comarca lagunera y su viabilidad en el riego agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 189–201. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2084>
- Grupo del Banco Mundial. (2019). From waste to resource recovery. *Water and Wastes Digest*, 53(9).
- INCyTU. (2019). Tratamiento de aguas residuales. *Oficina de Información Científica y Tecnológica Para El Congreso de La Unión*, 52(028), 1–6. https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf
- Lozano Rivas, W. A. (2016). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Autor : Ing . WILLIAM ANTONIO LOZANO-RIVAS , MSc , PhD BOGOTÁ D . C . , COLOMBIA Octubre de 2012. December 2012, 29.*

- Medrano-Barboza, J., Aguirre-Bravo, A. A., Encalada-Rosales, P., Yerovi, R., & Ramírez-Iglesias, J. R. (2021). Slaughtering and piggery wastewater for cultivation and biomass generation of *Chlorella vulgaris*. *Bionatura*, 6(2), 1824–1831. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.02.24>
- Menéndez, C., & Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIX(3), 97–107. <https://bit.ly/35hSyMk>
- Morales, F., Maldonado, L., & Peñafiel, L. (2022). Estudio de las aguas residuales provenientes del lavado de carros en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Investigacion y Desarrollo*, 1–17. <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/1598/1381>
- NTE INEN 2176. (2013). Agua, calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo. 2013, NTE INEN 2, 1–15. https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf
- Olivares, M. (2015). Calidad De Las Aguas Residuales. *Cmic*, 47–47. https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/2015/ANEAS_PRESENTACIONES2014/Presentaciones C y T/8 Calidad del Agua/Calidad de las aguas residuales ANEAS XXVIII Convencion MXOP.pdf
- OMS. (2022). Agua potable. *Organización Mundial de La Salud*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ONU. (2017). From Waste to Resource Shifting paradigms for smarter wastewater interventions in Latin America and the Caribbean. *Organizacion de Las Naciones Unidas*.
- Organismo Internacional regional de sanidad agropecuaria. (2016). *Manual de procedimientos de bienestar animal durante el presacrificio y matanza de bovinos. 2016* (pp. 1–48). <https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual de procedimientos de bienestar animal durante el presacrificio y matanza de bovinos.pdf>
- Ortiz, J. M., Molina Castro, E. X., Quesada Molina, J. F., Calle Pesántez, A. E., & Orellana Valdéz, D. A. (2018). Consumo sustentable de agua en viviendas de

- la ciudad de Cuenca. *Ingenius*, 20, 28–38.
<https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.03>
- Osorio-Rivera, M. A., Carrillo-Barahona, W. E., Negrete-Costales, J. H., Loo-Lalvay, X. A., & Riera-Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas The quality of domestic waste water A qualidade das águas residuais domésticas. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 228–245.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). *Revista Ciencia e Ingeniería*, 39(2), 161–168.
<http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/bitstream/handle/654321/366/art7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinheiro, A. M., Salla, M. R., & Bolanos Rojas, M. L. (2019). Post-treatment of effluent household cleaning by conventional and catalytic ozonation. *Ingeniare*, 27(2), 223–235. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000200223>
- Quiroz, S., Menéndez, C., & Izquierdo, E. (2019). Ciencias Tecnológicas C / T. In *Universidad Técnica de Manabí Edición:*
- Quishpe-López, J., Lliguicota-Guarquila, J., Sarduy-Pereira, L., & Diéguez-Santana, K. (2020). Cleaner production as a strategy for the valorization (eco-efficiency) of the slaughterhouse, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Revista Científica de La UCSA*, 7(3), 59–71. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.059>
- Reutelshofer, T. et al. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. In *Senasba* (Vol. 1).
- Rodríguez, M. V., Sanabria, H. G., Delgado-Soriano, V., Cortés-Avenidaño, P., & Peñafiel, C. E. (2020). Agroindustrial Science systems. *Agroindustrial Science*, 10(1), 71–77.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>
- Rueda, F. V., Molano Guarín, A. F., & Pramparo, L. M. (2019). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas. *Entre Ciencia e*

Ingeniería, 13(26), 17–26. <https://doi.org/10.31908/19098367.1150>

Sanchez, S. E. (2018). Tecnología de gestión de los efluentes líquidos del carnal municipal de Chachapoyas, Chachapoyas, Amazonas, 2017. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(2), 17–22.

Tapia, L. (2015). Acuerdo Ministerial No. 097-A. In *Ministerio del Ambiente* (pp. 1–102). https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

UNWATER. (2020). Water in a Changing World. *The United Nations World Water Development Report 3*, 17–65. https://doi.org/10.1142/9781848160682_0002

Velasco T., G., Moncayo S., J., & Chuquer S., D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *InfoANALÍTICA*, 7(1), 27–39. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.93>

ANEXOS

Anexo 1. Vías de acceso al centro de Finamiento



Anexo 2. Proceso de muestreo



Anexo 3. Análisis del Agua Residual entrada y salida de la PTAR

 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	ANÁLITICA AVANZADA-ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA. La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122/5143303/servicioalcliente@aaalab.com.ec	Muestra AAALab No: 10946-1 Pág. 1 de 6
		

INFORME DE RESULTADOS NO. 10946-1

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GAD Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo	Teléfono:	072871125
DIRECCIÓN:	AV. 22 DE JULIO S/N Y PADRE CHACON	Atención A:	Ing. Mariela Paredes

2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO	CAMAL MUNICIPAL
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO	07/09/2022
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	G.P. INGRESO		RESPONSABLE:	ANAVANLAB
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	10/09/2022		PERIODO DE ANÁLISIS	17/09/2022-13/11/2022

Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8, Limites de descarga al sistema de alcantarillado público

3.- RESULTADOS

AA	PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE ± % U
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/NM 5520 C	mg/l	95,30	70,0	NO CUMPLE	32,3
1	Aluminio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,139	5,0	CUMPLE	NA
1	Arsénico	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,024	0,1000	CUMPLE	30,0000
1	Cadmio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,02	CUMPLE	20
1	Cianuros	AAA-PE-A004/SM 4500 CI G.	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE	9,2
1	Cloro activo	AAA-PE-A005/SM 4500 CI E.	mg/l	<0,050	0,5	CUMPLE	10,7
1	Cobalto	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,004	0,5	CUMPLE	20
1	Cobre	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	1,0	CUMPLE	20
1	Cromo hexavalente	AAA-PE-A009/SM3500 Cr B	mg/l	<0,050	0,500	CUMPLE	16,600
1	DBO5	AAA-PE-A010/SM 5210 D	mg/l	191,50	250	CUMPLE	33
1	DQO	AAA-PE-A011/SM 5220 D	mg/l	6952	500	NO CUMPLE	14
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/SM 5540 C	mg/l	<0,00010	2,000	CUMPLE	11
1	Fenoles	AAA-PE-A016/SM 5530 B-C	mg/l	<0,005	0,200	NO CUMPLE	15,200
1	Fosfatos	AAA-PE-A018/SM 4500-P C.	mg/l	3,60	150	CUMPLE	13,4
1	Hierro	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,34	25,0	CUMPLE	20
1	Nitritos	AAA-PE-A024	mg/l	538	.....	CUMPLE	20
1	Nitratos	AAA-PE-A024/SM 4500-NO2E	mg/l	1	.....	CUMPLE	20
1	Niquel	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	2,0	CUMPLE	20
1	Plata	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE	20

Notas:

AA (Acreditaciones):	Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es inferior a la norma.	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratados. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003/AAA-PI-5001	

MC0703-06

 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS	ANALÍTICA AVANZADA-ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA. La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122/5143303/servicioalcliente@aaalab.com.ec	Muestra AAALab No: 10946-1 Pág. 2 de 6
		

INFORME DE RESULTADOS NO. 10946-1

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GAD Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo	Teléfono:	072871125
DIRECCIÓN:	AV. 22 DE JULIO S/N Y PADRE CHACON	Atención A:	Ing. Mariela Paredes

2.-INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO	CAMAL MUNICIPAL
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO	07/09/2022
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	G.P. INGRESO		RESPONSABLE:	ANAVANLAB
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	10/09/2022		PERIODO DE ANALISIS	17/09/2022-13/11/2022

Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

3.-RESULTADOS

AA	PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDA-DES	RESUL-TADO	VALORES DE NORMA	CUMPLI-MIENTO	INCERTI-DUMBRE ± % U
1	Plomo	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0.001	0,5	CUMPLE	20
1	Selenio	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0.006	0,5	CUMPLE	20
1	Sólidos sedimentables	AAA-PE-A033/SM 2540 F	mg/l	0,7	20,00	CUMPLE	7,9
1	Sólidos totales	AAA-PE-A035/SM 2540 B	mg/l	1542	1600	CUMPLE	6
1	Sólidos suspendidos totales	AAA-PE-A034/SM HACH 8008	mg/l	178	220	CUMPLE	NA
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/SM 4500 SO42-E	mg/l	40,8	400,00	CUMPLE	6,1
1	Conductividad del agua	AAA-PE-A008/SM 2510 B	uS/cm	6670	100.000	CUMPLE	34,50
1	Zinc	AAA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,0073	10,0	CUMPLE	20
2	Cloroformo	SM 6200	mg/l	<0,01	0,1	CUMPLE	NA
2	Dicloroetileno	SM 6200 B	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
2	Turbidez	AAA-PE-A038/SN 2130 B	NTU	296	1000	CUMPLE	NA
2	Tricloroetileno	SM 6200	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
1	Sulfuros	AAA-PE-A030/SM 4500 S2/HACH 8131	mg/l	<0,30	1,00	CUMPLE	14,10
2	Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500 N org C	mg/l	138	60	NO CUMPLE	NA
1	pH in Situ	AAA-PI-A002/SM 4500-H+ B	Unid pH	7,38	6,0-9,0	CUMPLE	1,0
1	Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	17,60	40,0	CUMPLE	3,5
2	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/SN 4500 O.G.	mg/l	0,02	10	CUMPLE	45
2	Pesticidas Organofosforados	EPA 8170 D MODIFICADO	mg/l	<0,0005	0,1	CUMPLE	45

Notas:

AA (Acreditaciones):	Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es inferior a la norma.	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratados. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003/AAA-PI-5001	
4. OBSERVACIONES Resultado de Nitrógeno Total kjedahl realizado por el Laboratorio CORLAB Acreditado por el SAE con N° OAE LE 2C 05-005. Resultado de Pesticidas Organoclorados y realizado en el Laboratorio UCE, Acreditado por el SAE con N° OAE LE 1C 04-002		Informe aprobado y autorizado por:  Leda Alejandra Hediño Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.

MC0703-06

 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	ANÁLITICA AVANZADA-ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA. La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122/5143303/servicioalcliente@aaalab.com.ec	Muestra AAALab No: 10946-1 Pág. 5 de 6
		

INFORME DE RESULTADOS NO. 10946-1

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GAD Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo	Teléfono:	072871125
DIRECCIÓN:	AV. 22 DE JULIO S/N Y PADRE CHACON	Atención A:	Ing. Mariela Paredes

2.-INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO	CAMAL MUNICIPAL
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO	07/09/2022
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	G.P. DESCARGA		RESPONSABLE:	ANAVANLAB
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	10/09/2022		PERIODO DE ANÁLISIS	17/09/2022-13/11/2022

Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8, Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

3.-RESULTADOS

AA	PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDA-DES	RESUL-TADO	VALORES DE NORMA	CUMPLI-MIENTO	INCERTI-DUMBRE ± % U
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/NM 5520 C	mg/l	70,00	70,0	CUMPLE	32,3
1	Aluminio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,293	5,0	CUMPLE	NA
1	Arsénico	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	0,012	0,1000	CUMPLE	30,0000
1	Cadmio	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,02	CUMPLE	20
1	Cianuros	AAA-PE-A004/SM 4500 CI G.	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE	9,2
1	Cloro activo	AAA-PE-A005/SM 4500 CI E.	mg/l	<0,50	0,5	CUMPLE	10,7
1	Cobalto	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,004	0,5	CUMPLE	20
1	Cobre	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	1,0	CUMPLE	20
1	Cromo hexavalente	AAA-PE-A009/SM3500 Cr B	mg/l	0,050	0,500	CUMPLE	16,600
1	DBO5	AAA-PE-A010/SM 5210 D	mg/l	13,43	250	CUMPLE	33
1	DQO	AAA-PE-A011/SM 5220 D	mg/l	2210	500	NO CUMPLE	14
1	Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/SM 5540 C	mg/l	0,680	2,000	CUMPLE	11
1	Fenoles	AAA-PE-A016/SM 5530 B-C	mg/l	<0,005	0,200	CUMPLE	15,200
1	Fosfatos	AAA-PE-A018/SM 4500-P C.	mg/l	74	150	CUMPLE	13,4
1	Hierro	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,19	25,0	CUMPLE	20
1	Nitritos	AAA-PE-A024	mg/l	9,80	15	CUMPLE	20
1	Nitratos	AAA-PE-A024/SM 4500-NO2E	mg/l	135	300	CUMPLE	20
1	Niquel	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	2,0	CUMPLE	20
1	Plata	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE	20

Notas:

AA (Acreditaciones):	Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es inferior a la norma.	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratados. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003/AAA-PI-5001	

MC0703-06

 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS	ANÁLITICA AVANZADA-ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA. La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122/5143303/servicioalcliente@aaalab.com.ec	Muestra AAALab No: 10946-1 Pág. 6 de 6
		

INFORME DE RESULTADOS NO. 10946-1

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GAD Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo	Teléfono:	072871125
DIRECCIÓN:	AV. 22 DE JULIO S/N Y PADRE CHACON	Atención A:	Ing. Mariela Paredes

2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO	CAMAL MUNICIPAL
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE MUESTREO	07/09/2022
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	G.P. DESCARGA		RESPONSABLE:	ANAVANLAB
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	10/09/2022		PERIODO DE ANÁLISIS	17/09/2022-13/11/2022

Norma De Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 1, TABLA 8, Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

3.- RESULTADOS

AA	PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE ± % U
1	Plomo	AA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
1	Selenio	AAA-PE-A023/SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/l	<0,001	0,5	CUMPLE	20
1	Sólidos sedimentables	AAA-PE-A033/SM 2540 F	mg/l	0,01	20,00	CUMPLE	7,9
1	Sólidos totales	AAA-PE-A035/SM 2540 B	mg/l	36	1600	CUMPLE	6
1	Sólidos suspendidos totales	AAA-PE-A034/SM HACH 8008	mg/l	<0,001	750	CUMPLE	NA
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/SM 4500 SO42-E	mg/l	31,7	400,00	CUMPLE	6,1
1	Conductividad del agua	AAA-PE-A008/SM 2510 B	uS/cm	2201	100.000	CUMPLE	34,50
1	Zinc	AAA-PE-A022/SM 3111 B. EPA 3015	mg/l	0,042	10,0	CUMPLE	20
2	Cloroformo	SM 6200	mg/l	<0,01	0,1	CUMPLE	NA
2	Turbidez	AAA-PE-A038/SN 2130 B	NTU	210	1000	CUMPLE	NA
2	Tetracloruro de carbono	SM 6200	mg/l	<0,01	1	CUMPLE	NA
2	Tricloroetileno	SM 6200	mg/l	<0,0001	1	CUMPLE	NA
1	Sulfuros	AAA-PE-A030/SM 4500 S2/HACH 8131	mg/l	0,28	1,00	CUMPLE	14,10
2	Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500 N org C	mg/l	116	60	NO CUMPLE	NA
1	pH in Situ	AAA-PI-A002/SM 4500-H+ B	Unid pH	7,98	6,0-9,0	CUMPLE	1,0
1	Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	17,89	40,0	CUMPLE	3,5
2	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/SN 4500 O.G.	mg/l	0,20	10	CUMPLE	45
2	Pesticidas Organofosforados	EPA 8170 D MODIFICADO	mg/l	<0,002	0,1	CUMPLE	45

Notas:

AA (Acreditaciones):	Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(°): Los ensayos marcados con (°) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es inferior a la norma.	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratados. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003/AAA-PI-5001	
4. OBSERVACIONES Resultado de Nitrógeno Total kjedahl realizado por el Laboratorio CORLAB Acreditado por el SAE con N° OAE LE 2C 05-005. Resultado de Pesticidas Organoclorados y realizado en el Laboratorio UCE, Acreditado por el SAE con N° OAE LE 1C 04-002		Informe aprobado y autorizado por:  Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.

MC0703-06