



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS

ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA

Optimización del proceso de faenamiento para mejorar el tratamiento del agua residual del camal municipal del cantón Sígsig.

Trabajo de titulación Previo
a la Obtención del Título de
Ingeniero Químico

AUTOR:

Christian Fernando Chuya Placencia

C.I: 0105320832

DIRECTORA:

Ing. Alexandra Elizabeth Guanuchi Quito, Mgs.

C.I: 0104604665

Cuenca - Ecuador

2018



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal la optimización del proceso de faenamiento para mejorar el tratamiento del agua residual del camal municipal del cantón sigsig, debido a que este no es el adecuado, pues limita sus operaciones, disminuyendo la capacidad optima del proceso de depuración.

Por lo que se vio conveniente enfocarse específicamente en la etapa de desangrado, debido a que la sangre se mezcla con el caudal de agua residual que va a la planta de tratamiento, para lo cual se eliminó el vertido directo de la sangre al alcantarillado, utilizándola como materia prima en la obtención de harina de sangre.

De acuerdo a esto se evaluó el estado actual de la planta de tratamiento mediante análisis físico-químicos y microbiológicos en afluente y efluente, con lo que se propuso alternativas de mejora hacia una producción más limpia, reduciendo la contaminación de las aguas vertidas en el río Alcacay.

Al realizar esta mejora se obtuvo una disminución en el DQO de 1.024 mg/l a 136 mg/l y en el DBO de 410 mg/l a 38 mg/l, valores que se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por la ley de gestión ambiental de la República del Ecuador (TULSMA) los cuales son 200 mg/l para DQO y 100 mg/l para DBO5.

Palabras claves: faenamiento, afluente, efluente, sangre, agua, desechos, DQO, DBO, NKT.



ABSTRACT

The main objective of the present work is to optimize the slaughter process to improve the wastewater treatment of the municipal slaughterhouse of the sigsig town, because this is not adequate, as it limits its operations, decreasing the optimal capacity of the purification process.

herefore it was convenient to focus specifically on the bleeding stage, because the blood is mixed with the other waste from the flow that goes to the treatment plant, for which the direct discharge of the blood into the sewage system was eliminated, using it as a raw material in obtaining blood meal.

According to this, the current status of the treatment plant was evaluated by means of physical-chemical and microbiological analyzes in the effluent and effluent, with which improvement alternatives were proposed to a cleaner production, reducing the contamination of the water discharged into the river alcacay

When this improvement was made, a DQO reduction of 1,024 mg / la 136 mg / l and a DBO of 410 mg / la 38 mg / l was obtained, values that are within the maximum limits allowed by the environmental management law of the Republic of Ecuador which are 200 mg / l for DQO and 100 mg / l for DBO5

Keywords: slaughter, affluent, effluent, blood, water, waste, DQO, DBO, NKT.



INDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE FIGURAS	9
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	10
CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	11
AGRADECIMIENTO	12
DEDICATORIA	13
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
CAPITULO 1	16
MARCO TEÓRICO	16
1 MATADEROS	16
1.1 Finalidad de un matadero	16
1.2 Tipos de matadero	16
1.2.1 Públicos	16
1.2.2 Privados	17
1.2.3 Mixtos	17
1.3 Proceso de faenación	17
1.3.1 Proceso de faenación ganado bovino	17
1.3.2 Procedimiento de faenación ganado bovino	18
1.3.3 Proceso de faenacion ganado porcino	20
1.3.4 Procedimiento de faenacion ganado porcino	20
1.3.5 Contaminación del agua en cada etapa	21
1.4 Normativa Ecuatoriana para descarga de efluentes.....	22
1.5 Agua residual.....	23
1.5.1 Tipos de agua residual	24
1.5.2 Agua residual de matadero	24
1.5.3 Parámetros de vertido	24
1.6 Sangre.....	25
1.6.1 Aprovechamiento de la Sangre	26



1.7	Muestreo.....	27
1.7.1	Tipos de muestras.....	27
1.7.2	Identificación del sitio de muestreo	28
1.7.3	Metodología para toma de muestra.....	28
1.8	Tratamiento de aguas residuales.....	29
1.8.1	Proceso del tratamiento de aguas residuales	29
1.9	Diseño planta de tratamiento de agua residual.....	34
1.9.1	Caudal	34
1.9.2	Consumo de agua	35
1.9.3	Índice de consumo de carne (ICC).....	35
1.9.4	Caudal proyectado a futuro	37
1.9.5	Rejillas.....	37
1.9.6	Trampa de grasas.....	39
1.9.7	Sedimentador	40
1.9.8	Tanque Imhoff	45
1.9.9	Filtro de arena	51
1.9.10	Lecho de secado de lodos.....	52
CAPITULO II.....		53
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL.....		53
2	Generalidades del Camal Municipal del Cantón Sigsig.....	53
2.1	Cantidad de animales faenados semanal en el camal	54
2.1.1	Evaluación del proceso de faenamiento del Camal Municipal del Cantón Sigsig.	54
2.1.2	Evaluación de la planta de tratamiento de agua residual del camal municipal del Cantón Sigsig.....	55
2.2	Muestreo	56
2.2.1	Identificación del sitio de toma de muestra.....	56
2.2.2	Toma de muestra en el sitio seleccionado	57
2.2.3	Ánálisis de muestras.....	57
2.2.4	Resultado de Evaluación	59
CAPITULO 3.....		60
MEJORA DEL PROCESO		60
3	Mejoras	60
3.1	Mejora en la gestión de residuos.....	60
3.1.1	Método de aprovechamiento de la sangre	61
3.2	Mejora en la planta de tratamiento	62



3.2.1	Consumo de agua	62
3.2.2	Índice de consumo de carne (ICC)	63
3.2.3	Caudal proyectado a futuro	65
3.2.4	Rejillas	65
3.2.5	Trampa de grasas.....	66
3.2.6	Sedimentador	67
3.2.7	Tanque Imhoff	68
3.2.8	Filtro de arena	71
CAPITULO 4.....		72
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		72
4	Comparación de resultados pre y post mejora	73
4.1	Conductividad.....	73
4.2	DQO.....	73
4.3	Demand Bioquímica de Oxigeno (DBO5).....	74
4.4	Fosforo Total.....	74
4.5	Nitrógeno total kjedahl (NKT).....	74
4.6	Solidos Suspendidos totales.....	74
4.7	Solidos totales	75
4.8	Planta de tratamiento	75
4.9	Plan de mantenimiento.....	79
4.9.1	Limpieza de rejilla.....	79
4.9.2	Limpieza trampa de grasas.....	79
4.9.3	Retiro de lodos sedimentador y tanque Imhoff.....	79
CAPITULO 4.....		81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		81
4.1	CONCLUSIONES.....	81
4.2	RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA.....		84
Bibliografía		84
ANEXO I (TABLAS)		89
ANEXO II (FOTOGRAFÍAS)		91



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminación del agua en cada etapa	22
Tabla 2. Composición porcentual de la sangre entera, plasma y elementos celulares	26
Tabla 3. Aprovechamiento de la sangre: alternativas de uso, presentación, proceso y producto final.....	27
Tabla 4. Consumo de agua por animal faenado en camales municipales o privados..	35
Tabla 5. Número de habitantes del Cantón Sigsig según el censo realizado en 2001 y 2010.....	36
Tabla 6. Parámetros para el diseño de rejillas para el tratamiento de agua residual ...	37
Tabla 7. Consideraciones para el Diseño un trampa de grasas.	40
Tabla 8. Estándares de diseño para sedimentadores	41
Tabla 9. Valores recomendados para los parámetros en el dimensionamiento de un tanque Imhoff	45
Tabla 10. Consideraciones para lecho filtrante en cámara de filtración.....	52
Tabla 11. Cantidad de ganado faenado por semana en el Camal Municipal del Cantón Sigsig.....	54
Tabla 12. Resultados de los análisis del efluente de la planta de tratamiento durante el convenio con el camal de Gualaceo, (2017/02/03).....	58
Tabla 13. Resultados de los análisis del efluente de la planta de tratamiento durante el convenio con el camal de Gualaceo, (2017/30/06).....	58
Tabla 14. Resultados de los análisis de afluente y efluente de la planta de tratamiento, finalizado el convenido con el camal de Gualaceo 2018/02/09.....	59
Tabla 15. Ficha técnica Digestor del equipo para elaboración de harina de sangre adquirido por el camal municipal del Cantón Sigsig.....	61
Tabla 16. Ficha técnica del tanque de almacenamiento para elaboración de harina de sangre adquirido por el camal municipal del Cantón Sigsig	62
Tabla 17. Resultados de los análisis de la planta de tratamiento, después de aplicada la mejora. 2018/02/23.....	73
Tabla 18. Comparación de resultados de los análisis, antes y después de aplicada la mejora	73
Tabla 19. Rejillas para la planta de tratamiento	75
Tabla 20. Trampa de grasa para la planta de tratamiento	75
Tabla 21. Sedimentador para la planta de tratamiento.....	76
Tabla 22. Tanque Imhoff para la planta de tratamiento	76
Tabla 23. Cálculos para el filtro de arena, para la planta de tratamiento	77
Tabla 24. Cálculos para el tanque secado, para la planta de tratamiento	77



Tabla 25. Límites máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce.....90



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo proceso de faenacion ganado bovino. (Ruiz Davila, 2011)	17
Figura 2. Diagrama de flujo proceso de faenacion ganado porcino. (Ruiz Davila, 2011)	20
Figura 3. Esquema Fosa séptica. (Alianza por el agua /ecogologia y desarrollo , 2008)	31
Figura 4. Esquema del tanque Imhoff. (Alianza por el agua /ecogologia y desarrollo , 2008).....	32
Figura 5. Sistema de Bio-discos. (Muñoz Cuoto, 2009)	33
Figura 6. Sistema de lodos activados. (Muñoz Cuoto, 2009)	34
Figura 7. Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular. (Guanuchi, 2012)	46
Figura 8. Esquema para el diseño de un tanque Imhoff rectangular, con dos puntos de recogida de lodos. (Guanuchi, 2012).....	49
Figura 9. Filtro compuesto de arena fina, arena gruesa y grava	51
Figura 10. Diagrama de flujo. Planta tratamiento agua residual del camal municipal del Cantón Sigsig. (Vasquez C., 1998)	56
Figura 11. Procedimiento toma de muestras	57
Figura 12. Diseño de planta de tratamiento	78
Figura 13. Planta de tratamiento agua residual.	91
Figura 14. Efluente de la planta al Rio Alcacay.....	91
Figura 15. Vertido de sangre directo en alcantarilla.....	91
Figura 16. Recolección de sangre del ganado porcino	92
Figura 17. Recolección de sangre Bovino	92
Figura 18. Análisis de agua residual, efluente de planta de tratamiento (27/01/2017).93	
Figura 19. Análisis de agua residual, efluente de planta de tratamiento (30 /06/2017).	
.....	94
Figura 20. Análisis de agua residual, afluente y efluente de planta de tratamiento (02/02/2018).....	95
Figura 21. Análisis de agua residual, afluente y efluente de planta de tratamiento (16/02/2018).....	96



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Christian Fernando Chuya Placencia, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FAENAMIENTO PARA MEJORAR EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN SIGSIG**”, de conformidad con el Art. 114 del **CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN** reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18/05/18

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Christian Fernando Chuya Placencia". It is placed over a horizontal line.

Christian Fernando Chuya Placencia

C.I: 0105320832



CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula de Propiedad Intelectual

Christian Fernando Chuya Placencia, autor del trabajo de titulación “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FAENAMIENTO PARA MEJORAR EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN SIGSIG**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 18/05/18

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Christian Fernando Chuya Placencia".

Christian Fernando Chuya Placencia

C.I: 0105320832



AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por regalarme la oportunidad de llegar a este momento de mi vida, por ser mi fortaleza y mi guía durante mi carrera universitaria, por poner en mi camino amigos que me han hecho crecer como persona y por cada día brindarme un aprendizaje nuevo.

A mis padres Fernando y Cruz por su sacrificio de estar cada día lejos de su país, apoyándome siempre en todas las metas que me propongo, sin ellos nada de esto sería posible, la vida no me alcanzará para agradecerles. A mi abuelita Hortensia que desde niño siempre estuvo a mi lado con su cariño, cuidados, confianza y fortaleza, ayudó a forjarme como persona. A mis hermanos Mauricio e Israel que a pesar de todo siempre confiaron en mí, a mi tía Beatriz por sus consejos y enseñarme lo valioso del trabajo, y a mi abuelita Amada quien dejó una huella muy grande en mi vida siendo el pilar de mi familia.

A la Ingeniera Alexandra Guanuchi, quien a pesar de los inconvenientes, siempre estuvo para brindarme su ayuda y su consejo, muchas gracias por estar siempre pendiente del avance de este proyecto, por la paciencia que tuvo conmigo y su confianza dirigiendo esta tesis.

Este logro lo comparto con una persona muy especial, Belén Escobar a quien admiro todos los días, eres mi ejemplo de esfuerzo, trabajo y amor, gracias por confiar en mi desde el principio, no sé cómo agradecerte todo lo que has hecho para que mi sueño se concrete, te amo.

Y por último a mi amiga Isabel Aguilar, por su ejemplo de fortaleza, lucha y sobre todo por brindarme una amistad sincera en esta etapa universitaria.



DEDICATORIA

Este proyecto de titulación va dedicado a mis padres, mi abuelita y hermanos, por su apoyo tan indispensable en esta etapa.



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural fundamental, que junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, sin embargo el mal uso de estos recursos ha provocado un impacto negativo sobre los ecosistemas, ya que estos recursos son extraídos para sus diferentes usos y devueltos sin control alguno, desarrollando grandes problemas sobre el entorno geográfico en donde se desarrolla una actividad industrial.

Un claro ejemplo de lo ya mencionado son las aguas residuales de los camales, pues poseen una alta concentración de materia orgánica, que al ser descargada en un cuerpo hídrico causa serios problemas, como lo son la ausencia de oxígeno disuelto en las aguas, provocando la desaparición de diferentes especies de su hábitat, así como la presencia de residuos sólidos que al descomponerse en contacto con el aire emanan malos olores, pudiendo llegar a convertir un cuerpo de agua en una fuente de enfermedades. (Salas C, 2008)

En el Camal Municipal del Cantón Sigsig de la provincia del Azuay se presenta dicho problema, pues el proceso de faenamiento no cuenta con un método para la separación de la sangre, sino que se mezcla con los residuos que van a la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes del camal, sin embargo el proceso en esta planta ya no es óptimo y está operando de manera ineficiente, ya que su vida útil finalizó, y como consecuencia de ello, el agua tratada que se descarga en el Río Alcacay posee una coloración oscura, mal aspecto, olores desagradables y de acuerdo a datos obtenidos de los análisis de agua residual realizados en el efluente, muestran una elevada concentración de carga orgánica, la cual se traduce en valores altos de demanda química y bioquímica de oxígeno DQO y DBO respectivamente, incumpliendo con lo estipulado en la ley de gestión ambiental de la República del Ecuador.

Debido a la preocupación del gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón Sígsig, por los problemas antes mencionados y la contaminación inminente de la zona por esta descarga, se propone como alternativa, la recolección y aprovechamiento de la sangre obtenida en el proceso de faenado, disminuyendo la contaminación de los efluentes descargados en la planta de tratamiento de aguas residuales, logrando recuperar las propiedades biológicas y físico-químicas del agua



residual, a niveles que al ser vertidas en su cauce natural cumpla con lo que establece la Ley Ambiental del Ecuador.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de faenamiento para mejorar el tratamiento del agua residual del Camal Municipal del Cantón Sígsig.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el proceso de faenamiento en el Camal Municipal.
- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos en afluente y efluente de la planta de tratamiento del camal
- Diagnosticar el estado actual de la planta de tratamiento
- Diseñar la propuesta alternativa para mejorar el proceso de faenamiento
- Plantear una alternativa para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua residual proveniente del camal



CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1 MATADEROS

Según la ley de mataderos del Ecuador en su artículo 1 define como camal “al establecimiento dotado de instalaciones completas y equipo mecánico adecuado para el sacrificio, manipulación, elaboración, preparación y conservación de las especies de carnicería, con aprovechamiento completo, racional y adecuado de los subproductos no comestibles, cuando la cantidad justifique su aprovechamiento industrial, los mismos que de acuerdo a su tamaño poseerán instalaciones de frío”.

1.1 Finalidad de un matadero

La finalidad de un matadero es producir carne mediante la manipulación humana de los animales, desde su ingreso al camal hasta la adquisición por el consumidor, mediante el empleo de técnicas higiénicas empezando por el sacrificio de los animales, la preparación y finalmente los canales de distribución, facilitando la inspección adecuada de la carne y el manejo apropiado de los desechos resultantes, eliminando todo peligro potencial de que carne infestada pueda llegar al público o contaminar el medio ambiente”. (Telmo Mafla, 2008)

1.2 Tipos de matadero

La ley de mataderos del Ecuador en su artículo 3 reconoce tres clases de camales o mataderos:

1.2.1 Públicos

Los cuales son operados por entidades de derecho público o de derecho privado con finalidad social o pública.



1.2.2 Privados

Aquellos que están a cargo de personas naturales o jurídicas de derecho privado.

1.2.3 Mixtos

Aquellos en los que participan Entidades de derecho público o privado con finalidad social o pública y personas naturales o jurídicas de derecho privado. (Telmo Mafla, 2008)

1.3 Proceso de faenación

En el camal del sgsig se dan dos procesos de faenamiento, de ganado bovino y de ganado porcino como se detalla a continuación en los diagramas de flujo.

1.3.1 Proceso de faenación ganado bovino

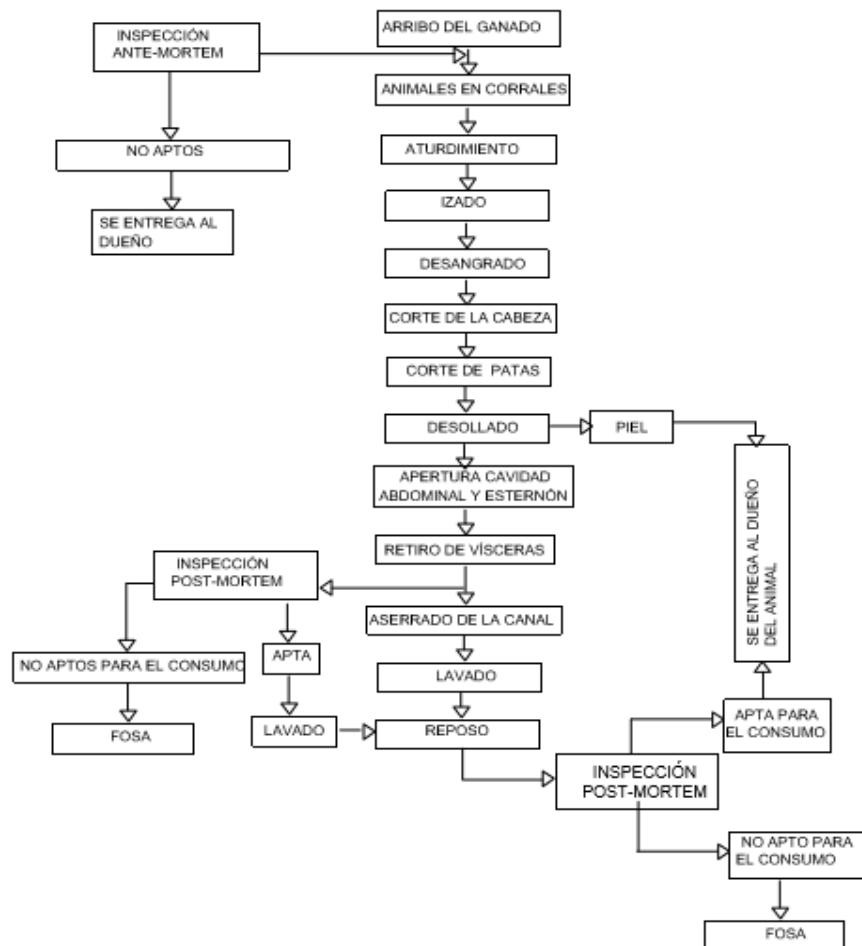


Figura 1. Diagrama de flujo proceso de faenacion ganado bovino. (Ruiz Davila, 2011)
Autor: Christian Fernando Chuya Placencia



1.3.2 Procedimiento de faenación ganado bovino

1.3.2.1 *Arribo del ganado.*

Los animales son transportados hacia el matadero por los dueños, una vez dentro del corral se realiza la inspección por el médico veterinario para la verificación sanitaria antes del sacrificio, pudiendo así detectar la posible presencia de enfermedades y separar los animales aptos para la faenacion. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.2 *Aturdimiento.*

Se insensibiliza a los animales bovinos con puntilla en la zona atlanto occipital. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.3 *Sangrado.*

Posterior al aturdimiento el operario encargado realiza las operaciones en el siguiente orden:

- Encadenado de pata posterior, izada.
- El degüello: que se realiza entre la cabeza y el cuello
- Se recoge la sangre en recipientes limpios si esta se va a usar o manejarse higiénicamente si se la va a eliminar (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.4 *Remoción de cabeza.*

Esta labor se efectúa manualmente, luego la cabeza es limpiada y lavada para su identificación por si se llega a encontrar alguna anomalía en la verificación post-mortem, las mismas que son colgadas en el gancho de cabezas con la lengua expuesta, siendo separadas del flujo que sigue la canal. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.5 *Corte de patas.*

Esta operación se realiza con un cuchillo, en donde se separan las patas, las mismas que son colocadas en su respectiva área y al igual que la cabeza, se asegura su identificación respecto a la canal correspondiente. (Ruiz Davila, 2011)



1.3.2.6 *Desollado.*

Una vez eliminadas las patas, se inicia el proceso de desollado, para esto se desprende la piel que se encuentra adherida a lo largo de las regiones ventral y dorsal, siendo retirada en su totalidad con la ayuda de procedimientos mecánicos o manualmente con cuchillos. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.7 *Apertura de cavidad abdominal y esternón.*

Para esto con un hacha se hace incisión en la línea blanca del pecho y se introduce una sierra eléctrica, para cortar los huesos del esternón. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.8 *Retiro de vísceras.*

Se trata de separar del animal los órganos genitales, las vísceras blancas conformadas por los estómagos e intestinos de los animales y las vísceras rojas que son el bazo, el hígado, el corazón, la tráquea, el esófago, los pulmones y finalmente los riñones. Para facilitar esta extracción se realiza una incisión a lo largo de la línea media ventral, una vez retirado todo el conjunto de órganos mencionados anteriormente, éstos se someten a una inspección sanitaria, las no aptas para el consumo se las deposita en una fosa y las aptas pasan a ser lavadas. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.2.9 *Aserrado de la canal.*

Separadas las vísceras, se procede a practicar la división de la canal en dos mitades con la ayuda de una sierra eléctrica, una vez dividida completamente la canal, se retira la médula espinal manualmente, y se practica un movimiento de antebrazo de abajo hacia arriba con el fin de facilitar la salida de la sangre acumulada en los grandes vasos sanguíneos. Posteriormente se procede al lavado de canales, y a la inspección post mortem, así las canales no aptas para el consumo son depositadas en la fosa y las aptas pasan a un cuarto frío para posteriormente ser entregadas al dueño del animal. (Ruiz Davila, 2011)



1.3.3 Proceso de faenacion ganado porcino

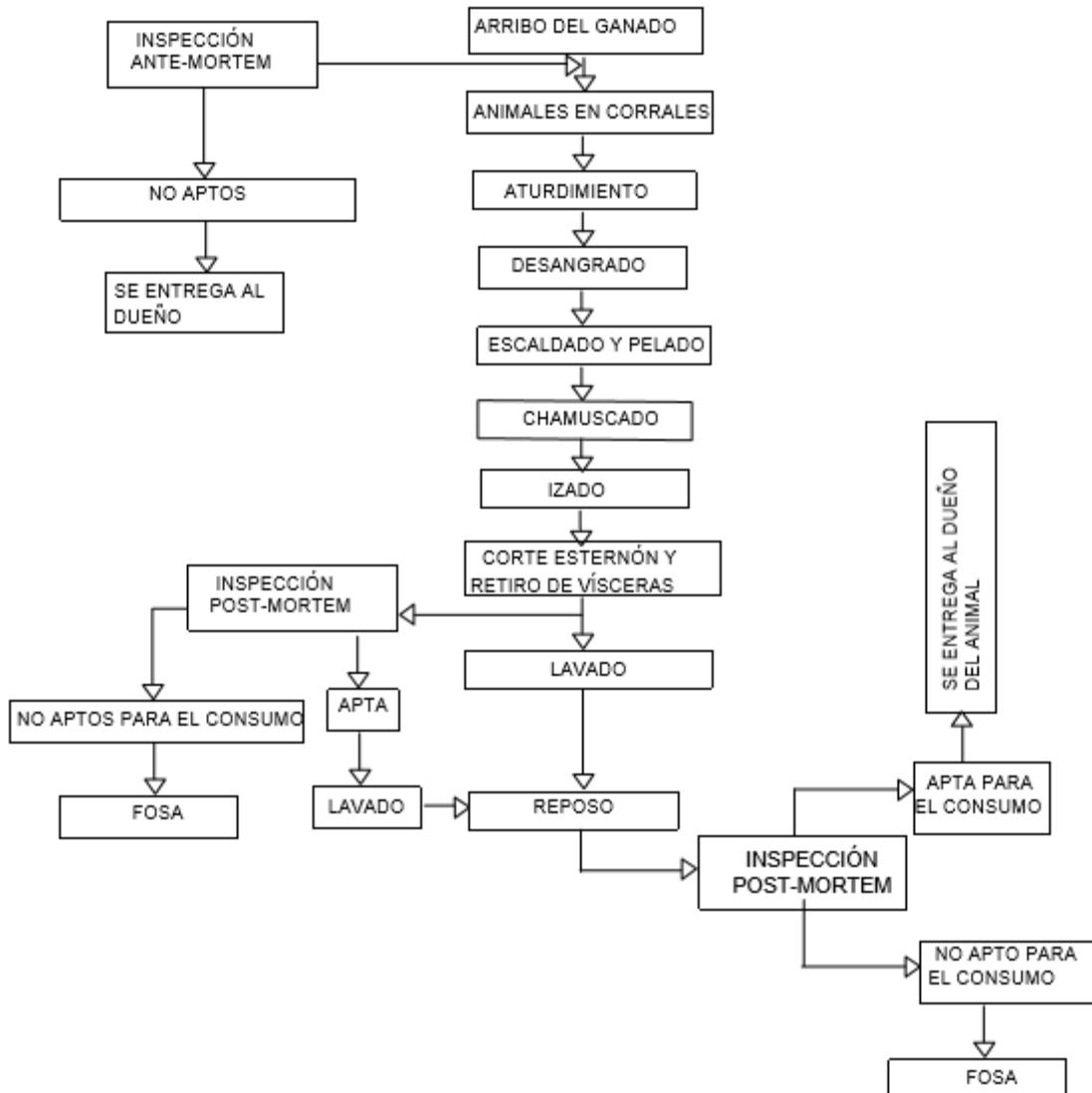


Figura 2. Diagrama de flujo proceso de faenacion ganado porcino. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.4 Procedimiento de faenacion ganado porcino

De la misma forma que al ganado bovino, el ganado porcino arriba a las instalaciones del camal, y se realiza la inspección por el doctor veterinario a cargo, para separar el ganado apto para el faenado.

1.3.4.1 Sangrado.



En esta etapa el animal sin ser aturrido pasa por las siguientes operaciones:

- Encadenado de pata posterior, izada.
- El degüello: que se realiza entre la cabeza y el cuello
- Se recoge la sangre en recipientes limpios si esta se va a usar o manejarse higiénicamente si se la va a eliminar (Ruiz Davila, 2011)

1.3.4.2 *Escaldado y pelado.*

El objetivo de esta etapa es ablandar la piel del animal para su posterior depilado, esto se realiza sumergiendo al animal en agua caliente a una temperatura entre 60 y 63 °C durante un tiempo aproximado de 6 a 7 min. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.4.3 *Chamuscado.*

Esta actividad es complementaria al escaldado y pelado ya que no se elimina por completo todo el pelo del animal, y se realiza mediante soplete. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.4.4 *Corte de esternón y extracción de vísceras.*

El esternón se abre con un hacha para extraer las vísceras rojas y blancas, las cuales son inspeccionadas y separadas, las aptas para el consumo son lavadas y las no aptas se depositan en una fosa. (Ruiz Davila, 2011)

1.3.4.5 *Lavado.*

Con un chorro de agua fría se lava la canal antes de su inspección post mortem, una vez evaluada como apta se entrega a su dueño.

1.3.5 Contaminación del agua en cada etapa

A continuación, se van a analizar las aguas residuales generadas en cada una de las etapas de los procesos de faenamiento tanto porcino como bovino.

**Tabla 1.** Contaminación del agua en cada etapa

Etapas	Contaminante	Contaminación
Recepción de animales	Orina y eses	Contenido materia orgánica
Estabulación	Orina y eses	Compuestos nitrogenados
Aturdido	Orina	Compuestos nitrogenados
Sangrado	Sangre	DBO ₅ de 200.000 mg/l en sangre cruda. Alto contenido de materia orgánica
Escaldado (porcino)	Grasas, sólidos en suspensión, proteínas, sangre, excremento.	Alto contenido de materia orgánica
Depilado (porcino)	Restos de pelos	Alto contenido de materia orgánica
Chamuscado(porcino)	Restos de pelos, escamas, piel	Alto contenido de materia orgánica
Eviscerado y lavado	Sangre y contenido estomacal.	Alto contenido de materia orgánica
Triperías	Restos del contenido digestivo y grasas procedentes del raspado de la tripa	Alto contenido de materia orgánica
Lavado	Sustancias orgánicas y grasas, así como restos de agentes detergentes y desinfectantes	Alto contenido de materia orgánica

Fuente (Vazquez Lopez & Casp Vanaclocha, 2004)

1.4 Normativa Ecuatoriana para descarga de efluentes

En este marco legal se enuncia la Normativa Ambiental Ecuatoriana vigente para descarga de efluentes del tipo industrial en cuerpos de agua dulce como también en sistema de alcantarillado, en base a lo cual se tomarán las acciones y operaciones de este proyecto.

En primer lugar, de acuerdo a la Constitución Ecuatoriana capítulo segundo, los derechos del buen vivir, en su segunda sección medio ambiente “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay”.

Para respaldar este precepto en el Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ecuador (artículo 209), se define como calidad del agua “a las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y



la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico”.

De acuerdo al artículo ya antes mencionado (artículo 209), “Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad del agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertido líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso”.

Por esta razón la Ley de Gestión Ambiental del Ecuador en su capítulo II Prevención y Control de la contaminación de las Aguas “Prohíbe descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos, naturales o artificiales, o en las aguas marítimas”. Estas normas técnicas y regulaciones vienen dadas por el Anexo I del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, el cual establece los parámetros máximos y mínimos para descarga de efluentes en cuerpos de agua dulce o marina y para sistemas de alcantarillado (anexo 1).

La política de nuestro país sobre el ambiente y Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente son las que establecen los requerimientos de carácter obligatorio a los cuales se sujetaran las actividad productivas para continuar con sus operaciones, de acuerdo a lo estipulado en la ley de orgánica de recursos hídricos y aprovechamiento del agua (artículo 80) “Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley”.

Para mantener la calidad del agua en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ecuador (artículo 209), se estipula lo siguiente “La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento”.

1.5 Agua residual

Aguas de composición variada y que hayan sufrido degradación en su calidad original provenientes de las descargas de usos industriales, municipales, comerciales, servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, fraccionamiento y cualquier otro uso en



general. (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro VI Anexo I, 2015)

1.5.1 Tipos de agua residual

Según (Jairo Romero, 2004) los principales tipos de agua residual son:

1.5.1.1 *Doméstica.*

Son los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

1.5.1.2 *Municipal.*

Son residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

1.5.1.3 *Industrial.*

Aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

1.5.2 Agua residual de matadero

Es un agua residual de tipo industrial, siendo un elemento indispensable para llevar a cabo los procesos de transformación, pues es requerida en todas las etapas, como en la limpieza, desinfección, o como vehículo de conducción de productos indeseables.

Las aguas residuales generadas en estas instalaciones poseen una elevada carga contaminante, pues su contenido en materia orgánica es alto, además un porcentaje importante de grasas que dificultan su tratamiento, siendo en consecuencia un problema importante para este tipo de industrias. Por lo que es necesario regirse a los parámetros adecuados para el desecho correcto de estas aguas, evitando así su contaminación al ambiente (Vazquez Lopez & Casp Vanaclocha, 2004).

1.5.3 Parámetros de vertido



A continuación, se presentan los principales parámetros con los que se caracteriza las aguas residuales de los camales, para ser vertido en un caudal de agua dulce:

1.5.3.1 *Materia en suspensión o sólidos en suspensión (MES) o (SS).*

Este parámetro indica el contenido de sólidos heterogéneos (superiores a 1,2 micras) que lleva el agua, se expresa en mg/l.

1.5.3.2 *Demanda biológica de oxígeno (DBO).*

Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la carga residual del agua por acción biológica aerobia, generalmente se refiere al oxígeno consumido en 5 días expresado como (DBO₅) y a una temperatura de 20°C, se expresa en mg O₂/l.

1.5.3.3 *Demanda química de oxígeno (DQO).*

Es la cantidad de dicromato potásico en medio ácido y en ebullición consumida por un agua, indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de los compuestos químicos presentes en el agua, está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, se expresa en mg O₂/l.

1.5.3.4 *Nitrógeno total Kjeldahl (NTK).*

Es la suma del nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal (N-NH₄) producto de la descomposición del nitrógeno orgánico, el nitrógeno es uno de los principales nutrientes del agua, pero a concentraciones elevadas impide la vida piscícola, se expresa en mg/l

1.5.3.5 *Fosforo total (P).*

Al igual que el NTK se encuentra en la materia orgánica y es uno de los nutrientes del agua, pero es contaminante en exceso y al provenir de detergentes utilizados en la limpieza, se expresa en mg/l. (Vazquez Lopez & Casp Vanaclocha, 2004)

1.6 Sangre



La sangre de animal es un tejido conformado por un líquido llamado plasma y por elementos celulares (glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas), su objetivo es ser trasportadora, razón por la cual cumple las funciones de respiración transportando el oxígeno, nutrición por medio del transporte nutrientes, excreción eliminando los desechos que resultan del metabolismo, regulación hormonal que está dada por el transporte de las hormonas desde las glándulas en donde son producidas, regulación térmica distribuyendo del calor en todo el organismo y amortiguadora de pH siendo capaz de mantener la concentración de iones hidrogenoides en los líquidos corporales.

La cantidad de sangre presente en una vaca y un cerdo es de aproximadamente 35 y 8 litros respectivamente, con una estructura de sustancias sólidas que depende del tipo de animal, como en el caso de la sangre de cerdo el contenido de sustancias sólidas es del 21%. La sangre al ser centrifugada se separa en dos fases plasma sanguíneo que constituye del 60% al 70% y los elementos celulares entre el 30% al 40% (tabla 2). (Guerrero Marin , 2010)

Tabla 2. Composición porcentual de la sangre entera, plasma y elementos celulares

Sustancia	proteínas %	humedad %	ceniza %
Sangre Entera	80 – 82	5 - 8	3 – 4
Elementos celulares	90 – 92	6 - 7	2
Plasma	70 – 72	5 - 6	8 – 10

Fuente (Guerrero Marin , 2010)

1.6.1 Aprovechamiento de la Sangre

La sangre como producto de desecho de la industria de mataderos es sometida a varios tratamientos, de los cuales derivan una serie de productos útiles y de valor comercial para el consumo humano o animal y además favorece a la preservación del medio ambiente, como se muestra en la siguiente tabla. (Garcia Flores, Muñoz Quevedo, & Sacoto Garcia, 2011)



Tabla 3. Aprovechamiento de la sangre: alternativas de uso, presentación, proceso y producto final

Alternativas de Uso	Presentación	Proceso	Producto final
Consumo Humano	Sangre Entera	Anticoagulante	
		Centrifugación	Plasma Sanguíneo
		Filtración	
	Sangre Entera	Coagulación	Suero sanguíneo
		Desfibrinación	Fibrina
		Coagulación	Sangre Coagulada
Consumo Animal	Sangre Entera	Cocción	cocida
		Consumo directo sin proceso	Sangre coagulada
		Mezcla con harina u otros productos comestibles	Sangre mezclada
		Coagulación	
	Sangre Entera	Prensado	Sangre seca molida
		Secado	
	Molido		
		Secado forzado en biodigestores o Spray dried	Harina de sangre

Fuente (Garcia Flores, et al., 2011)

1.7 Muestreo

El muestreo como herramienta de investigación permite determinar que parte de una realidad de estudio debe analizarse, con el fin de realizar conclusiones sobre dicha población cuando el objetivo es el evaluar la calidad físico química y biología del agua, para lo cual se debe obtener una muestra representativa de la fuente hídrica a analizar, tomando en cuenta el tipo de muestra, el sitio de muestreo, la correcta manipulación, preservación y transporte de la misma. (Lozano Rivas, 2013)

1.7.1 Tipos de muestras

Existen diferentes tipos de muestras que pueden ser representativas o no representativas, esto depende de las características de la fuente hídrica que se desea analizar y del objetivo del análisis, las cuales pueden clasificarse en:



1.7.1.1 *Muestra puntual o instantánea.*

Este tipo de muestra es individual, se toma aleatoriamente y es representativa de un determinado momento.

1.7.1.2 *Muestra compuesta.*

Es el resultado de la mezcla de varias muestras puntuales tomadas en la misma fuente hídrica en periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o proporcionales al caudal del periodo de muestreo.

1.7.1.3 *Muestra integrada.*

Es aquella formada por la mezcla de muestras puntuales que son tomadas en puntos diferentes simultáneamente lo más aproximado que sea posible. (Lozano Rivas, 2013)

1.7.2 Identificación del sitio de muestreo

Los puntos de recolección de muestras deben ser seleccionados a partir de un análisis de los factores que puedan influenciar directa o indirectamente en la calidad de la muestra, por lo que se debe tener en cuenta aspectos como la accesibilidad, seguridad y muy importante la representatividad, por lo que el número y localización de las estaciones de muestreo, dependerán del objetivo de estudio, las limitaciones del personal, instalaciones, costos y tiempo, de tal forma que se pueda obtener una muestra que represente lo más posible las características del cuerpo de agua, siendo esta homogénea en el tiempo y lugar de muestreo. (Ramos Olmos, Sepulveda Marques , & Villalobos Moreto, 2003)

1.7.3 Metodología para toma de muestra

Según la norma NTE INEN 2169:2013 (agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras) las muestras que serán destinadas a la determinación de parámetros físicos y químicos debe tener la siguiente especificación:



- Los envases deben ser llenados completamente y tapados de tal manera que no exista aire sobre la muestra, evitando así la agitación en el transporte, la modificación en el contenido de CO₂, variaciones en el valor de pH, la transformación de bicarbonatos en carbonatos precipitables, que el hierro se oxide dando lugar a cambios de color.

En el caso de las muestras tomadas para análisis biológico, de igual manera se debe tener la siguiente especificación:

- Los recipientes deben ser estériles y llenarse completamente sin dejar un espacio de aire al colocar la tapa, evitando así la contaminación accidental.

En general las muestras tomadas deben ser guardadas a temperaturas más bajas que a la de su recolección, (2 y 5)°C, y en un lugar oscuro para la conservación de la muestra hasta su traslado al laboratorio para su respectivo análisis.

En el rotulado para no dar lugar a un error de identificación, los recipientes que contenga la muestra deben ser marcados de una manera clara y permanente con todos los detalles del momento de muestreo (fecha, hora del muestreo, lugar de muestreo, nombre de la persona que tomó la muestra, tipo de análisis a realizar).

1.8 Tratamiento de aguas residuales

En el siguiente diagrama de flujo se describirá los principales procesos de tratamiento de aguas residuales, mencionando aquellos por sus características tienen una mayor aplicación en mataderos.

1.8.1 Proceso del tratamiento de aguas residuales

El agua que se va a analizar, al ser un residuo de las diferentes etapas del proceso de faenado, corresponde al grupo de aguas residuales de tipo industrial, para tratar estas aguas se realizan diferentes procedimientos, los cuales se explican a continuación:

1.8.1.1 *Pre tratamiento.*



Comprende operaciones físicas o mecánicas para la eliminación de partículas discretas, grasas, arenas y elementos gruesos, garantizando que los elementos sólidos que salen del pre tratamiento no superen los 6 milímetros (mm), la presencia de estos disminuye la eficiencia del funcionamiento de las instalaciones de la planta y perjudicaría el tratamiento total, entre las etapas del pre tratamiento de aguas residuales están las siguientes:

- Desbaste: Se trata de la retención de cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, empleando rejas que dejen solamente una luz libre entre barras, inferior a la dimensión del objeto que se desea retener.
- Tamizado: Proceso físico que utiliza una separación libre entre barras normalmente de 1mm, el objetivo es la eliminación de arenas gruesas y hasta el 30% de grasas, esta etapa en muchos casos podría sustituir la etapa de desbaste.
- Desarenado: La función del desarenado es la de separar los elementos pesados en suspensión como lo son arenas, arcillas y limos, para así evitar que se perjudique el tratamiento posterior por sobrecargas en fangos, obstrucciones en tuberías y canales y abrasión en rodetes de bomba.
- Desengrasado: Está basado en la menor densidad de las grasas y aceites, que al reducir la velocidad del caudal suben hacia la superficie, permitiendo que las aguas fluyan por aberturas de la pared inferior o tabiques suspendidos. (Hernandez Muñoz, 2001)

1.8.1.2 *Tratamiento primario.*

La mayor parte de las sustancias en suspensión y disolución en las aguas residuales no pueden retenerse en las rejas y tamices, debido a su finura o densidad, ni tampoco por flotación ya que son más pesados que el agua.

La decantación se basa en la reducción de la velocidad de corriente que permite la eliminación de un 50 a 60 % de las materias en suspensión en el afluente, por otra parte el tratamiento físico-químico consiste esencialmente en la incorporación de ciertas sustancias coagulantes y floculantes al agua con el fin de facilitar la sedimentación de las materias coloidales del agua.



Para lograr los propósitos de remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos del tratamiento primario se recurre a la implementación de equipos que dan lugar a que la sedimentación pueda producirse en una o varias etapas, estos son: (Vazquez Lopez & Casp Vanaclocha, 2004)

- Fosa séptica: Dispositivos en los que se decanta la materia orgánica sedimentable, experimentando reacciones de degradación anaerobia, este dispositivo puede dividirse en compartimientos, en donde el agua llega al primer compartimiento, sedimentándose aquí la materia particulada más pesada y la más ligera forma una costra en la superficie, posterior a esto el agua pasa al segundo compartimiento mediante un orificio en la pared de separación, en esta segunda etapa de igual manera tiene lugar la sedimentación de sólidos y la formación de la costra en la superficie debido al material particulado que escapa de la primera etapa pero en menor cantidad. (Alianza por el agua /ecología y desarrollo , 2008)

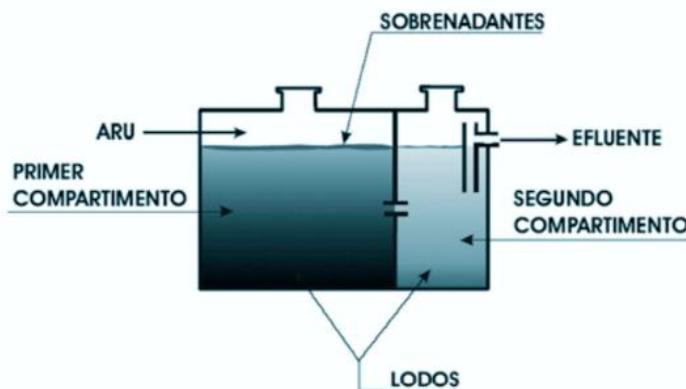


Figura 3. Esquema Fosa séptica. (Alianza por el agua /ecología y desarrollo , 2008)

- Tanque Imhoff: No cuenta con partes mecánicas, pero para su operación es necesario que las aguas residuales sean previamente sometidas a un pre tratamiento de cribado y remoción de arenas. Este tanque de forma rectangular cuenta con tres compartimientos, zona de sedimentación en donde es removido gran parte de los sólidos sedimentables, los cuales resbalan por las paredes inclinadas del fondo, pasando así a la zona de digestión de lodos a través de una ranura con traslape, el mismo que cumple la función de impedir que gases de la digestión y partículas suspendidas entren a la zona de sedimentación, para lo cual son desviados al área de ventilación y sobrenadantes. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

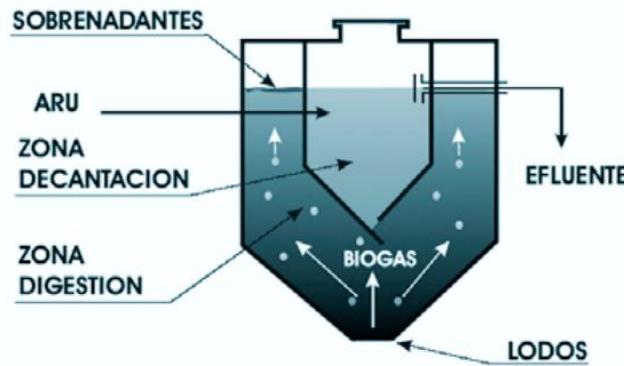


Figura 4. Esquema del tanque Imhoff. (Alianza por el agua /ecología y desarrollo , 2008)

1.8.1.3 Tratamiento secundario (Depuración biológica).

Engloba a todos los tratamientos biológicos de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobio, como por ejemplo la relación DQO/DBO indica el grado de biodegradabilidad del vertido, si esta relación es menor a 2, las sustancias son fácilmente biodegradables pudiendo emplearse sistemas de fangos activos o lechos bacterianos, caso contrario si es mayor a 4, el agua es poco biodegradable y no se recomiendan los tratamientos biológicos. En el caso del agua residual de mataderos, esta presenta una relación DQO/DBO entre 1,5 y 2,0 por lo que son fácilmente biodegradables. (Vazquez Lopez & Casp Vanaclocha, 2004)

Los sistemas de depuración secundaria se apoyan con dispositivos adecuados para las diferentes necesidades, como los siguientes:

- Filtros Bilógicos: los reactores de estos sistemas están adaptados dentro de un tanque de concreto, donde las colonias de microorganismos conforman una película adherida a la superficie de un material (madera, polietileno corrugado, poli estireno corrugado, PVC), que tienen forma de discos y se encuentran dispuestos en serie, este conjunto de bio-discos giran en torno a su eje y cuando la superficie se encuentra en contacto con el aire la biomasa absorbe el oxígeno necesario, para cuando se encuentre en inmersión tenga lugar la degradación de la materia orgánica presente el agua residual. Este tratamiento es recomendado para remoción de demanda Bioquímica de Oxígeno entre un 80 a 95% dependiendo del tipo de agua residual, además es una alternativa cuando no se dispone de grandes extensiones de terreno. (Muñoz Cuoto, 2009)

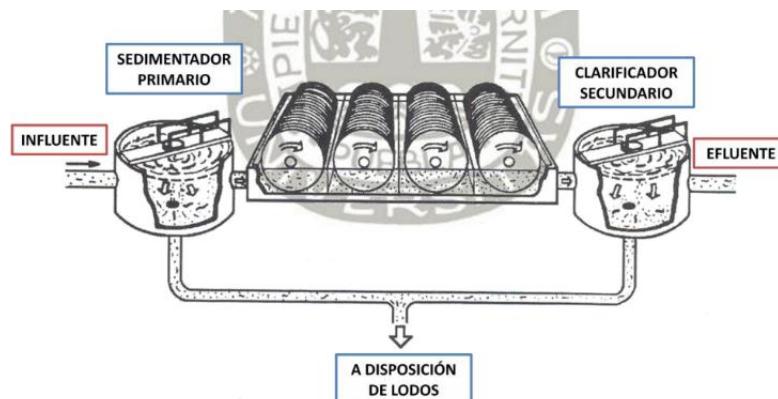


Figura 5. Sistema de Bio-discos. (Muñoz Cuoto, 2009)

- Lagunas de estabilización: Son muy empleadas por su sencilla operación y su bajo costo, funciona básicamente por actividad bacteriana y son recomendadas para la remoción de DBO_5 , fosforo, nitrógeno, reducción de metales pesados, sin embargo, necesita un área grande para su instalación y en caso de sobrecarga despidie malos olores, dentro de estas lagunas existen varios tipos como los siguientes:
 - Lagunas Aeróbicas: Son estanques terciarios pues soportan cargas orgánicas bajas, contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo su volumen, el agua residual se estabiliza parcialmente por la actividad bacteriana.
 - Lagunas facultativas: soportan cargas orgánicas medias, en capas cercanas a la superficie existe un proceso aeróbico y en capas profundas un proceso anaeróbico.
 - Lagunas anaeróbicas: funcionan como fosas sépticas abiertas, reciben altas cargas orgánicas lo cual da lugar a condiciones anaeróbicas en todo el volumen de la laguna, su objetivo principal es la reducción de sólidos y de materia orgánica, por esta razón las lagunas anaeróbicas se utilizan como primera fase de tratamiento de aguas residuales. (Muñoz Cuoto, 2009)
- **Lodos activados:** Este sistema está compuesto por un tanque de aireación, un tanque sedimentador y un tanque para almacenar y recircular lodos, el procedimiento consiste en diferentes etapas, en la primera el agua residual



entra a un tanque sedimentador primario donde el mayor porcentaje de material particulado sedimenta, posteriormente pasa al tanque aireador donde el lodo activado contiene microorganismos que se mezclan y se alimentan de la materia orgánica contenida en el agua residual, la última etapa del proceso consiste en un segundo tanque de sedimentación en donde los lodos son llevados por gravedad al fondo, para ser transportados al tanque almacenador en donde una parte regresa al tanque aireador y el sobrante es secado pudiendo ser utilizado como abono. (Muñoz Cuoto, 2009)

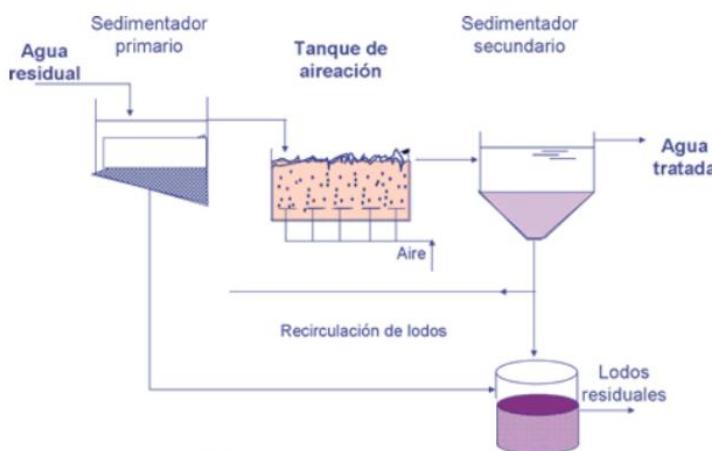


Figura 6. Sistema de lodos activados. (Muñoz Cuoto, 2009)

1.9 Diseño planta de tratamiento de agua residual

Para el diseño de la planta de tratamiento, se tomará como referencia los diseños propuestos por los siguientes autores: (Espín, 2013) (Guanuchi, 2012)

1.9.1 Caudal

El caudal es la cantidad de un fluido que pasa por un área dada en la unidad de tiempo, se lo puede identificar también como el flujo másico o volumétrico que pasa por un área en un determinado tiempo, y se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dónde

Q = Caudal (L o m^3)

V = volumen (m^3)



T= tiempo (s)

1.9.2 Consumo de agua

La cantidad de agua que se consume por animal en el faenado, que al multiplicarla por el número de animales faenados de la misma línea, de bovinos o porcinos nos determina la cantidad de agua residual generada.

$$V = \frac{L}{Animal} * N^o Animales \quad (2)$$

Dónde

V= Volumen de agua residual (L o m3)

L/Animal= Litros de agua diaria por animal faenado (tabla 4)

Según (Valencia Medina, 2012) el consumo de agua en mataderos públicos o privados está dada de la siguiente manera:

Tabla 4. Consumo de agua por animal faenado en camales municipales o privados.

Clase de animal	Dotación por animal
Bovino	500 L
Porcino	300 L
Ovino o Caprino	250 L
Aves en general	16 L

Fuente(Valencia Medina, 2012)

1.9.3 Índice de consumo de carne (ICC)

El índice de consumo de carne en una población se calcula dividiendo la cantidad de carne faenada para el número de habitantes actual de la siguiente manera:

$$CCF = N^o animales faenados * peso promedio \quad (3)$$

Dónde

CCF= Cantidad de carne faenada

$$ICC = \frac{CCF}{N^o habitantes actual} \quad (4)$$

1.9.3.1 Número de habitantes actual.



El Instituto Nacional de Estadística y Censo del Ecuador en su informe sobre población y demografía establece para el Cantón Sigsig, la siguiente relación en cuanto al número de habitantes de acuerdo al censo realizado en 2001 y 2010:

Tabla 5. Número de habitantes del Cantón Sigsig según el censo realizado en 2001 y 2010.

Año	Número de habitantes
1991	24635
2010	26910

Fuente (Instituto Nacional de Estadística Y Censo)

Para el cálculo de la población actual se requiere del modelo aritmético para la estimación futura del número de habitantes y a su vez de la tasa crecimiento poblacional, que se basa en los datos estadísticos es decir en los censos poblacionales, de la siguiente manera:

1.9.3.2 Tasa de crecimiento poblacional.

$$K = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{t} \quad (5)$$

Dónde

K= Tasa de crecimiento poblacional.

Nt= población último censo.

No= población del primer censo.

t= periodo de tiempo (años)

1.9.3.3 Modelo aritmético para la estimación de población futura.

$$P_f = P_a * [1(k * n)] \quad (6)$$

Dónde

Pf= población futura

Pa= población actual

K= tasa de crecimiento poblacional

N= periodo de tiempo



1.9.3.4 Demanda proyectada a futuro del consumo de carne.

El consumo de carne a futuro se estima mediante la siguiente expresión:

$$Df = Pf * ICC \quad (7)$$

Dónde

Df= Demanda futura de consumo de carne a 20 años.

Pf= Población futura a 20 años.

ICC= Índice de consumo de carne.

1.9.4 Caudal proyectado a futuro

El caudal estimado que se proyecta a futuro en un periodo de 20 años, se puede determinar de la siguiente manera:

$$Cf = Df * CAA \quad (8)$$

Dónde

Cf= Caudal proyectado a futuro.

Df= Demanda futura del consumo de carne.

CAA= Consumo de agua por animal.

1.9.5 Rejillas

La información con las consideraciones necesarias en el diseño de rejillas de limpieza para agua residual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Parámetros para el diseño de rejillas para el tratamiento de agua residual

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Escogido
Ancho	m	0,005 - 0,015	0,005
Profundidad	m	0,025 – 0,038	0,0381
Espacio entre barras	m	0,015 - 0,05	0,02
Inclinación con la vertical	°	44 - 60	45
Velocidad de Aproximación.	m/s	0,30 – 0,60	0,45
Perdidas máxima de carga admisibles	m	0,01524	0,01524
Aceleración de la gravedad	m/s ²	9,8	9,8

Fuente (Espín, 2013)



m: metro, °: grados, m/s: metro/segundo

1.9.5.1 Determinación del Área entre barras.

Para determinar el área libre entre barras (Al) se utiliza la siguiente ecuación.

$$Al = \frac{Q}{V_{RL}} \quad (9)$$

Dónde

Q= Caudal

V= Velocidad de aproximación (m/s)

1.9.5.2 Área de la sección transversal del flujo.

El área de la sección transversal del flujo (Af) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Af = Al * \frac{c+e}{c} \quad (10)$$

Dónde:

Af= Área sección transversal de flujo (m^2).

Al= Área libre entre barras (m^2).

c= Separación entre barras (m^2).

e= Espesor de barra (m).

1.9.5.3 Longitud sumergida de la rejilla.

Se necesita conocer en primer lugar el nivel máximo de agua para determinar la longitud sumergida de la rejilla.

$$dmax = \frac{Q}{V_{RL}*a} \quad (11)$$

$$LS = \frac{dmax}{\operatorname{sen} \theta} \quad (12)$$

Dónde:

dmax= Nivel máximo de agua (m).



V_{RL} = Velocidad de Aproximación (m/s).

a= Ancho de la rejilla (m).

θ = Grado de inclinación de la rejilla ($^{\circ}$).

1.9.5.4 *Número de barras.*

La cantidad de barras que conforman la reja se calculan mediante la siguiente expresión:

$$N^o = \frac{a-c}{c+e} \quad (13)$$

1.9.5.5 *Calculo de la perdida de carga a través de la rejilla.*

La pérdida de carga a través de la rejilla se estima mediante la ecuación de Metcalf y Eddy, las perdidas hidráulicas están en función de la velocidad de aproximación del fluido y la velocidad del flujo a través de las barras.

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left(\frac{v^2 - va^2}{2g} \right) \quad (14)$$

Dónde:

h_L = perdida de carga (m).

0,7= coeficiente empírico que adjunta las perdidas por remolinos y turbulencias, este coeficiente en el caso de que la rejilla no se encuentre limpia se supone que se encuentra obstruido y toma el valor de 0,6.

v= velocidad del flujo a través de las barras (m/s).

va = velocidad de aproximación hacia la reja del fluido (m/s).

g= aceleración de la gravedad (m/s^2).

1.9.6 Trampa de grasas

Se recomienda según él (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente, 20053), las siguientes especificaciones para el diseño de un atrapa grasas.

**Tabla 7.** Consideraciones para el Diseño un trampa de grasas.

Parámetro	Especificaciones.
Área superficial (relación largo –ancho)	2:1 a 3:1
Profundidad	Mayor a 0,8m y meno a 2m
Espacio entre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa	Mayor a 0,3m
Forma	Cónica o piramidal, el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° y 60°
Caudal < 1 L/s	El volumen máximo del tanque será 2m ³
Tiempo de Retención hidráulico	< 45 min

Fuente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente, 2003)

1.9.6.1 Volumen útil de la trampa de grasas.

El volumen útil de la cámara de recepción se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_{util} = L * B * h \quad (15)$$

Dónde

L= largo (m).

B = Ancho (m).

h= Altura (m).

1.9.6.2 Tiempo de retención hidráulico en la trampa de grasas.

Mediante la siguiente igualación se determina el tiempo de retención hidráulico de la cámara:

$$Thr = \frac{V_{util}}{Q} \quad (16)$$

1.9.7 Sedimentador

Para los cálculos del sedimentador primario, se muestra los estándares de diseño de la bibliografía de diferentes autores, sin embargo para este estudio se utilizará el de Metcalf & Eddy.

**Tabla 8.** Estándares de diseño para sedimentadores

Referencia	Carga Superficial (m/d)	Tiempo de retención (h)	Profundidad (m)	Carga sobre el vertedero (L/s.m)
Metcalf & Eddy	32 - 48	1,5 - 2,5	3 - 5	1,4 - 5,8
Manual del ejercito naval de los EE.UU	12 - 41	2,5	2,5 - 4,5	< 14
Steel & McGhree	24 - 60	1 - 2	1 - 5	0,7 - 1,7
Fair et al	-	2	3	-
Sundstrom & Klei	-	1 - 4	-	-
USEPA	24 - 49	-	3 - 5	-
Tchonobanoglous & Schoredreder	30 - 60	-	3 - 5	-

Fuente (Espín, 2013)

1.9.7.1 Área del sedimentador.

La siguiente expresión nos permite el cálculo del área superficial del tanque de sedimentación.

$$A = \frac{Q}{Carga} \quad (17)$$

Donde:

A= Área superficial (m^2)

Q= Caudal (m^3/d)

Carga= Carga superficial ($m^3/m^3.d$)

1.9.7.2 Diámetro del sedimentador.

Para calcular el diámetro del sedimentador se utiliza la siguiente expresión:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad (18)$$

Dónde

\emptyset = Diámetro del sedimentador (m).

A= Área superficial del sedimentador (m^2).



1.9.7.3 Volumen del sedimentador.

El volumen de la cámara del tanque de sedimentación se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V = l * a * h \quad (19)$$

- Aplicando la relación largo-ancho 3:1

$$l = 3a$$

$$A = l * a$$

$$a = \sqrt{\frac{A}{3}} \quad (20)$$

Dónde

A= Área superficial del sedimentador (m²).

l= Largo del sedimentador (m).

a= Ancho del sedimentador (m).

h= Altura del sedimentador (m).

1.9.7.4 Tiempo de retención hidráulico.

En general el tiempo de retención hidráulico para el caudal de agua residual en tanque de sedimentación primaria, esta entre 1,5 a 2,5 horas, la siguiente ecuación se utiliza para determinar este parámetro:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad (21)$$

Dónde

Tr= Tiempo de retención hidráulico (h).

V= Volumen del tanque de sedimentación (m³).

Q= Caudal (m³/h)

1.9.7.5 Área de la sección trasversal.



Para el cálculo del área de la sección transversal, se utiliza el volumen del tanque de sedimentación y el largo del mismo, con ayuda de la siguiente expresión:

$$At = \frac{V}{l} \quad (22)$$

Dónde

At= Área de la sección transversal.

V= Volumen del tanque de sedimentación (m^3).

L= Largo del sedimentador (m).

1.9.7.6 *Velocidad de arrastre.*

En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se mantienen a niveles bajos, de esta manera las partículas sedimentadas del fondo del tanque no son arrastradas, para el cálculo de la velocidad horizontal crítica, a la cual inicia el arrastre de partículas viene dada por la ecuación:

$$Vh = [8K(s - 1)g * \frac{d}{f}]^{0,5} \quad (23)$$

Dónde

Vh= Velocidad horizontal mínima a la cual inicia el arrastre de partículas (m/s)

K= Es la constante de cohesión, depende del tipo de material arrastrado, tomando los valores de 0,04 para arena unigranular y 0,06 para material más aglomerado, para este estudio se tomara el valor de 0,05.

S= Densidad relativa de partícula, para este estudio usaremos el valor de 1,05.

g= Aceleración de la gravedad (m/s^2).

d= Diámetro de la partícula, en este estudio usaremos 0,01

f= Factor de fricción es de 0,03 que para este cálculo se basa en los valores dados por Darcy - Weisbach que están entre 0,02 a 0,03.

1.9.7.7 *Carga de sólidos.*

La carga de sólidos que entran al sedimentador se calcula con la siguiente ecuación:



$$C = Q * SS * 0,0864 \quad (24)$$

Dónde

C= Carga de solidos (Kg/d).

Q= Caudal (m^3/d).

SS= Sólidos en suspensión (mg/l).

1.9.7.8 Masa que conforman los lodos.

Para determinar la masa de lodos se utiliza la siguiente expresión:

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad (25)$$

Dónde

Msd= Masa de lodos digeridos (Kg/d)

C= Carga de solidos (Kg/d).

1.9.7.9 Volumen diario de sólidos digeridos

El volumen de sólidos digeridos diariamente se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\% de lodo)} \quad (26)$$

Dónde:

Vld= Volumen de sólidos digeridos diariamente (L/d)

Msd= Masa de lodos (Kg/d)

plodo= Densidad de lodos, se utiliza el valor de 1,4 (Kg/l)

%lodos =Porcentaje de sólido contenido en lodos se toma el valor 10%

1.9.7.10 Volumen de lodos para extraer.

El volumen de lodos para extraer de tanque viene dado por la siguiente expresión:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (27)$$



Dónde

Td= Tiempo de digestión se toma el valor de 40 días.

1.9.8 Tanque Imhoff

La geometría del tanque depende del número de animales faenados y el caudal que esto represente, por ejemplo para camales con un volumen bajo de producción se realiza el tratamiento en tanques de planta circular, cuadrada o rectangular con un solo punto de recogida de fangos, es así que para el camal del cantón Sigsig se diseña un tanque Imhoff rectangular con dos puntos de recogida de fangos, tomando en cuenta los valores recomendados de la siguiente tabla.

Tabla 9. Valores recomendados para los parámetros en el dimensionamiento de un tanque Imhoff

Parámetro	Unidades	Rango	Valor Usual
Zona de decantación			
Carga hidráulica superficial punta hidráulica	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	24 - 40	32
Tiempo de retención	h	2 - 4	3
Velocidad horizontal punta horaria	m/min	-	< 0,3
Relación longitud/ancho	-	2/1 - 5/1	3/1
Pendiente de la cámara de decantación	-	1,25 : 1 - 1,75 : 1	1,5:1
Obertura inferior	m	0,15 - 0,3	0,25
Pestaña inferior	m	0,15 - 0,3	0,25
Deflector debajo de la superficie	m	0,25 - 0,4	0,3
Deflector encima de la superficie	m	0,3	0,3
Resguardo	m	0,45 - 0,6	0,6
Zona de escape de gases			
Área (% de la sup total)	%	15 - 30	20
Anchura	m	0,45 - 0,75	60
Zona de digestión			
Distancia libre hasta el nivel del lodo	M	0,3 - 0,9	50
Profundidad total del agua en el tanque (desde la superficie hasta el fondo)	m	7 - 9	9

Fuente (García & Corzo, 2008)

1.9.8.1 Superficie del tanque Imhoff.

La superficie del tanque viene dada por la superficie de decantación que se expresa en la siguiente ecuación:



$$S = \frac{Q}{L} \quad (28)$$

Dónde

S= Superficie de la zona de decantación (m^2).

Q= Caudal (m^3/h).

L= Carga superficial ($m^3/m^2.d$).

A partir del cálculo anterior para establecer el ancho y la longitud del tanque se utiliza la relación 2:1. Para determinar la profundidad de la zona de decantación utilizamos la geometría de un prisma de longitud igual a la calculada, una base de forma triangular y altura de deflector establecida como se muestra en el gráfico:

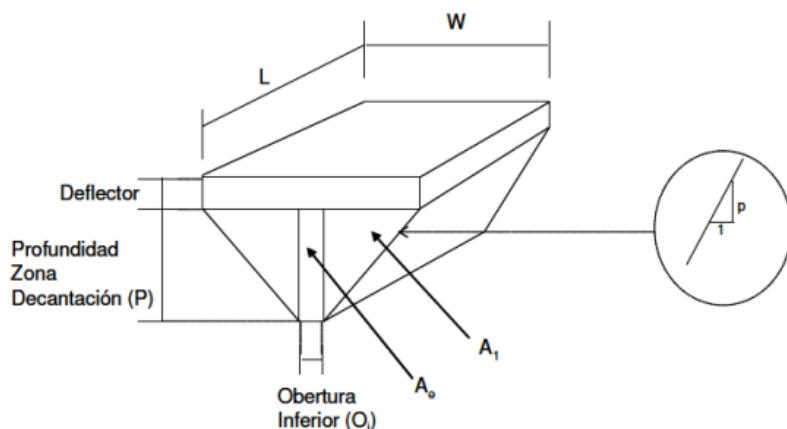


Figura 7. Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular. (Guanuchi, 2012)

- Para cálculos:

Pendientes de las paredes (m) = 1,75: 1

Obertura inferior(Oi) = 0,15 m

Altura deflector ($h_{deflector}$) = 0,5 m

1.9.8.2 Profundidad, superficie del triángulo, superficie del rectángulo y total.

Definida la pendiente de la pared de la zona decantación, con los valores de obertura inferior y altura deflector se obtiene la profundidad, y las superficies del triángulo y rectángulo.



$$P = \left[\frac{(W - O_i)}{2} \right] * m \quad (29)$$

$$A1 = \left[\frac{(W - O_i)}{2} \right] * \frac{p}{2} \quad (30)$$

$$Ae = Oi * p \quad (31)$$

$$At = 2 * (A1 + Ae) \quad (32)$$

Dónde:

P= Profundidad de decantación (m).

Oi= Longitud de obertura inferior (m).

m= Pendiente de la zona de decantación (m/m).

A1= Superficie del triángulo (m^2).

Ae= Superficie del rectángulo (m^2).

At= Superficie total (m^2).

1.9.8.3 Volumen de decantación.

El volumen de decantación corresponde al volumen del prisma y se determina con la siguiente expresión:

$$v_{dec} = (h_{deflector} * S) + (A_t * L) \quad (33)$$

$$S = L * W \quad (34)$$

Dónde

L= longitud (m).

W= Ancho (m).

$V_{Deflector}$ = Volumen de la zona de decantación (m^3).

$h_{deflector}$ = Altura de la zona sumergida de deflector (m).

At= Superficie total (m^2).

1.9.8.4 Comprobaciones.

Se realizan las siguientes comprobaciones en base a los valores recomendados para diseño de un tanque Imhoff ver (figura 9), así tenemos:



$$Vh = \frac{Q}{At*60} < 0,3 \quad (35)$$

$$2 < TH = \frac{V_{dec} * 24}{Q} < 4 \quad (36)$$

1.9.8.5 Superficie total de tanque Imhoff.

La superficie total del tanque Imhoff se calcula utilizando la superficie de la zona de escape de gases tomando el 20% y la superficie de decantación, así tenemos:

$$S_t = (1 + \%S_{gas}) * S_{dec} \quad (37)$$

Dónde

S_t = Superficie total del tanque (m^2).

$\%S_t$ = Porcentaje de la superficie total para la superficie de la zona de escape de los gases (tanto por uno)

S_{dec} = Superficie zona de decantación en (m^2).

1.9.8.6 Ancho total del tanque Imhoff.

Para el cálculo del ancho total se realiza la suma del ancho de la zona de escape de gases que toma el valor de 0,5 y el ancho de la zona decantación de la siguiente manera:

$$W_t = W_{dec} + W_{gas} \quad (38)$$

Dónde

W_t = Ancho total de tanque (m).

W_{dec} = Ancho de la zona de decantación (m).

W_{gas} = Ancho de la zona de escape de gases (m).

1.9.8.7 Longitud total del tanque Imhoff.

La longitud total del Imhoff se calcula en función de la superficie y del ancho total del tanque, mediante la siguiente expresión:



$$L_t = \frac{S_t}{W_t} \quad (39)$$

Dónde

L_t = Longitud total del tanque (m).

W_t = Ancho total del tanque (m).

1.9.8.8 Volumen necesario para almacenar lodos.

$$V_{lodos} = \frac{VEU * Td * N}{1000} \quad (40)$$

Dónde

V_{lodos} = Volumen que ocupa los lodos (m^3).

VEU = velocidad de emisión unitaria de lodos

Td =Tiempo de digestión (años).

N = Número de habitantes.

De acuerdo al diseño se plantea dos puntos de extracción de lodos y una inclinación de las paredes del fondo entre 30° y 45° .

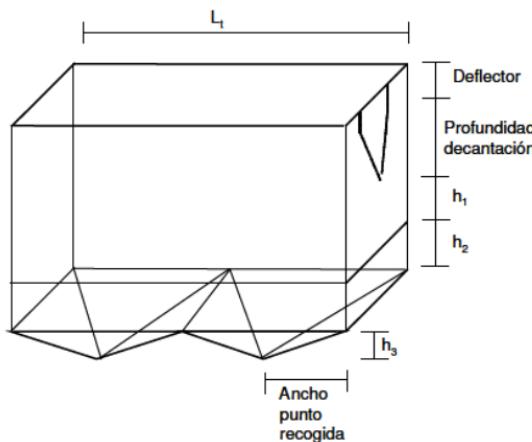


Figura 8. Esquema para el diseño de un tanque Imhoff rectangular, con dos puntos de recogida de lodos. (Guanuchi, 2012)

1.9.8.9 Calculo de la altura del fondo.

El cálculo para obtener la altura de fondo se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$h_3 = \left[\frac{\left(\frac{L_t}{n} \right)}{2} \right] * \operatorname{tg} \alpha \quad (41)$$



Dónde:

h_3 = Altura de fondo (m).

n = número de puntos para extracción de lodos.

α = Inclinación del fondo.

1.9.8.10 *Calculo de altura ocupada por los lodos.*

Para este cálculo no se toma en cuenta la altura del fondo del tanque, entonces la determinación de la altura que ocupa los lodos viene dada por la siguiente expresión:

$$h_2 = \frac{V_{lodos} - (1/3 * L_t * W_t * h_3)}{(L_t * W_t)} \quad (42)$$

Dónde:

h_2 = Altura ocupada por los lodos (m).

h_3 = Altura de fondo (m).

V_{lodos} = Volumen que ocupa los lodos (m^3).

L_t = Longitud total del tanque (m).

W_t = Ancho total del tanque (m).

1.9.8.11 *Altura total del tanque Imhoff.*

Considerando los datos de los valores recomendados (tabla 9), el cálculo de la altura total del tanque Imhoff se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$h_t = h_{resguardo} + h_{deflector} + m + h_1 + h_2 + h_3 \quad (43)$$

Dónde:

h_t = Profundidad total del tanque Imhoff (m).

$h_{resguardo}$ = Profundidad zona de resguardo, se toma el valor recomendado de 0,6 (m)

$h_{deflector}$ = Altura del deflector, se toma el valor recomendado 0,5 (m)

m = Pendiente de la zona de decantación (m/m).

h_1 = La distancia existente entre la obertura inferior y la superficie del lodo acumulado se toma el valor recomendado de 0,6 (m)

h_2 = Altura ocupada por los lodos (m).



h_3 = Altura de fondo (m).

1.9.8.12 Volumen total del tanque Imhoff.

El cálculo del volumen total para el tanque Imhoff se expresa en la siguiente ecuación:

$$V_t = V_{resguardo} + V_{dec} + V_{lodos} + (h_1 * L_t * W_t) \quad (44)$$

Dónde:

V_t = Volumen total tanque Imhoff (m^3).

V_{dec} = Volumen decantación (m^3).

V_{lodos} = Volumen de lodos (m^3).

h_1 = La distancia existente entre laertura inferior y la superficie del lodo acumulado se toma el valor recomendado de 0,6 (m)

L_t = Longitud total del tanque (m).

W_t = Ancho total del tanque (m).

1.9.9 Filtro de arena

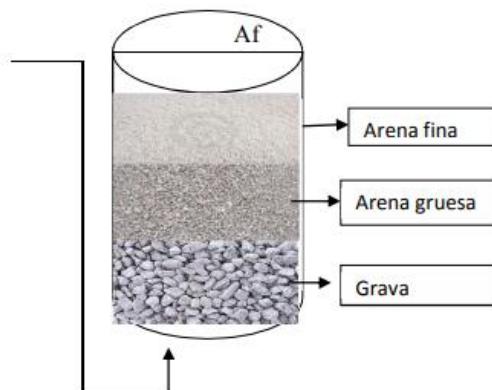


Figura 9. Filtro compuesto de arena fina, arena gruesa y grava

El filtro de arena es un tanque, que consta de capas, tanto de arena fina, y de gruesa, que se soportan sobre una capa de grava, el flujo es descendente y las dimensiones de la cámara para filtrado están en función del caudal disponible, esta debe tener la capacidad suficiente para contener el sistema de drenaje.

En el diseño de un filtro de arena se tomó las siguientes consideraciones (Organizacion Panamericana de la Salud, 2005):

- El borde libre debe ser de 0,2m.



- La relación longitud ancho deberá ser 3:1.
- En función de la calidad del agua la velocidad de filtración esta entre los valores de 2 a 3 m/h
- El lecho filtrante está dado por los siguientes requerimientos:

Tabla 10. Consideraciones para lecho filtrante en cámara de filtración.

LECHO FILTRANTE		
Capa	Espesor de la capa (m)	Diámetro de partícula (mm)
Arena fina	0,2	6
Arena Gruesa	0,2	13
Grava	0,15	25

Fuente: (Organizacion Panamericana de la Salud, 2005)

Utilizando para los cálculos las siguientes ecuaciones:

$$A_f = \frac{Q_f}{V_f} \quad (45)$$

Dónde:

A_f = Área del filtro (m^2).

Q_f = Caudal (m^3 /h).

V_f = Velocidad se toma el valor de 0,3 m/h.

1.9.10 Lecho de secado de lodos

Según (Organizacion Panamericana de la Salud, 2005) en el diseño del tanque para el secado de lodos, se debe tomar en consideración que su ancho debe estar entre 3 y 6 m, su profundidad de aplicación entre 0,2 y 0,4 m y su relación longitud-ancho debe tener una relación 3:1, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Als = \frac{Vel + Vlodos}{0,4} \quad (46)$$

Dónde

Als = Area de lecho para secado de lodos (m^2).

Vel = Volumen lodos sedimentador (m^3).

$Vlodos$ = Volumen lodos tanque Imhoff (m^3).

Autor: Christian Fernando Chuya Placencia



CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

El cantón Sigsig, se encuentra ubicado al sureste de la provincia de Azuay, limitando al norte con los cantones Chordeleg y Gualaceo, al sur con Gualaquiza y Nabón al este con Gualaquiza y Limón y al occidente con Girón y Cuenca.

De acuerdo a los datos del censo INEC 2010, la población total del Sigsig es de 26.910 habitantes, tanto en el área urbana como en la rural. Sin embargo la concentración más pequeña de personas está en el área urbana con 3.676 habitantes, de los cuales 1.685 son hombres y 1.991 son mujeres; en cuanto al área rural la población es de 23.234 habitantes, de los cuales 10.230 son hombres y 13.004 son mujeres.

En este cantón existe una diferencia mínima entre el servicio de agua potable y el agua de río, vertiente o canal, siendo del 44,3% y 44,9% respectivamente, si bien un gran porcentaje de población cuenta con servicio de agua potable, todavía no es suficiente, por lo que la población busca otros medios para abastecer esta necesidad, viéndose obligados a ingerir aguas poco salubres, lo cual provoca enfermedades como la parasitosis o infecciones intestinales.

Pues el cantón cuenta con el camal municipal, el mismo que vierte las aguas de residuos una vez tratadas a la vertiente del río Alcacay, sin embargo por el aumento de los índices de consumo de carne, que en la actualidad son de 3.800 kg al día, este se ve obligado a mejorar los procesos de tratamiento del agua que va a la vertiente, para así evitar enfermedades y la contaminación del río.

2 Generalidades del Camal Municipal del Cantón Sigsig

El camal municipal del Cantón Sigsig se encuentra localizado al margen derecho del río Alcacay, a unos 800m del centro cantonal, con dirección al Oriente hacia el cantón de Gualaquiza, el que por 40 años ha prestado el servicio de faenamiento de bovinos y porcinos, trabajando seis días a la semana.



En sus inicios el camal contaba solo con servicios básicos, pues su remodelación tuvo lugar en 1998, en donde, de acuerdo a la ley se equipó con áreas para cada especie, con la maquinaria necesaria para el faenamiento y con servicios de un veterinario para garantizar la calidad de la carne. Adicional a esto se implementaron los servicios básicos de agua potable, luz eléctrica y alcantarillado, el cual se conecta a las pozas de sedimentación, en donde se deposita toda la sangre y el residuo del proceso de limpieza mediante el baldeo.

Cabe recalcar que debido a problemas internos en el camal Municipal del Cantón Gualaceo, sus actividades de faenado fueron trasladadas al camal del Cantón Sigsig durante el periodo enero – noviembre de 2017, como consecuencia el camal del Sigsig con los datos obtenidos de los análisis de agua residual realizados en el efluente de la planta de tratamiento empezó a notar los problemas que ocasionó el exceso de agua residual a la planta de tratamiento, provocando el incumplimiento de la normativa para descarga de efluentes.

2.1 Cantidad de animales faenados semanal en el camal

En la siguiente tabla se muestra los valores aproximados de la cantidad de animales entre bovinos y porcinos que son faenados semanalmente, esta cantidad no es constante varía dependiendo la fecha del año.

Tabla 11. Cantidad de ganado faenado por semana en el Camal Municipal del Cantón Sigsig.

	Bovinos	Porcinos
Lunes	1	
Martes	1	
Miércoles	0	
Jueves	5	2
Viernes	7	8 a 10
Sábado	0	6

2.1.1 Evaluación del proceso de faenamiento del Camal Municipal del Cantón Sigsig.

El proceso de faenado, tanto del ganado porcino como del bovino, generalmente en la mayoría de camales es el explicado anteriormente, sin embargo existen algunas



variaciones con respecto a la gestión de residuos, para lo cual se recaudó información mediante la inspección de las instalaciones, y los diferentes procesos.

En si las variaciones que se realizan en los dos procesos de faenamiento es la gestión de residuos, pues tanto la sangre procedente del degüello, y los restos de pelo de la etapa de pelado en el caso del ganado porcino son desechados directamente a la alcantarilla.

2.1.2 Evaluación de la planta de tratamiento de agua residual del camal municipal del Cantón Sigsig

Ubicada al margen derecho junto a la orilla del río Alcacay, sus pozas están construidas por un atrapa grasas conectado a la poza de golpeteo de agua, en donde se coloca sulfato de aluminio, el cual provoca que las partículas flotantes adquieran peso y se depositan el en fondo del estanque de sedimentación, el mismo que está dividido en dos cámaras para la sedimentación del proceso de lavado de las diferentes áreas, así como de la sangre. Posteriormente a través de una tubería se conecta a la fosa séptica, siendo esta la última etapa, donde se deposita el agua con presencia de sedimentos, el cual posee plantas acuáticas, conocidas como lechuguines, que sirven de filtro para detener los sedimentos sobrantes antes de su disposición final en el río Alcacay.

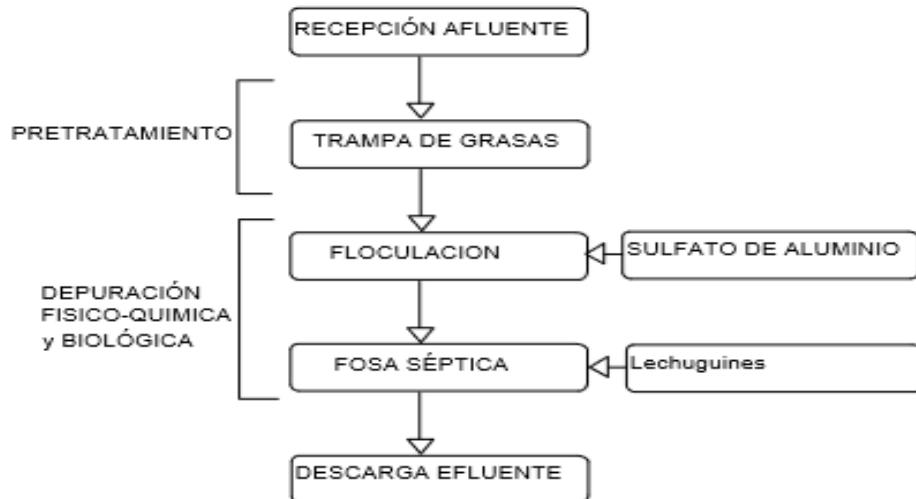


Figura 10. Diagrama de flujo. Planta tratamiento agua residual del camal municipal del Cantón Sigsig. (Vasquez C., 1998)

2.2 Muestreo

El Objetivo del muestreo, es evaluar las condiciones actuales en las cuales trabaja la planta de tratamiento, para esto se realizó un muestreo compuesto, lo cual minimiza el efecto de la variación, en la composición del agua, en el caudal y en las concentraciones de los elementos que se analizaron.

2.2.1 Identificación del sitio de toma de muestra

Los lugares seleccionados para la toma de muestra de afluente y efluente para el tratamiento de agua residual son:

2.2.1.1 Afluente

Se tomó la muestra de agua proveniente de los procesos de faenamiento, así como de los servicios higiénicos y de limpieza.



2.2.1.2 Efluente

Esta muestra fue tomada directamente de la última etapa del tratamiento que desemboca en el Río Alcacay.

2.2.2 Toma de muestra en el sitio seleccionado

Para las muestras compuestas se tomó la cantidad total de 4 litros cada una (figura 11), las cuales fueron realizadas los días viernes de 06h00 am a 13h00 pm, horario en el que se da la mayor actividad del camal, el volumen de cada alícuota fue de 2 litros, con un total de 8 alícuotas entre afluente y efluente (figura 12), las cuales se homogenizaron para obtener la muestra final de análisis, tanto para los análisis físico-químicos como microbiológicos.

La toma de muestra, como su respectiva conservación y traslado se realizaron según los métodos descritos por la norma NTE INEN 2169:2013 (agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras), de esta manera se garantizó que las condiciones sean óptimas para los análisis correspondientes.



Figura 11. Procedimiento toma de muestras

2.2.3 Análisis de muestras

Los análisis de las muestras obtenidas fueron realizados en el laboratorio de saneamiento de la empresa ETAPA, ubicado en la ciudad de Cuenca, laboratorio que cuenta con ensayos acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE). El



mismo que cuenta con experiencia en la caracterización de las descargas de los efluentes líquidos de las industrias de la ciudad de Cuenca.

2.2.3.1 Resultados del análisis de agua residual en el estado actual de la planta de tratamiento.

Para conocer el estado actual de la planta de tratamiento se utilizó datos históricos de los dos últimos análisis del efluente durante el periodo de permanencia del camal del cantón Gualaceo (tablas 12-13), notando que los parámetros resaltados sobrepasan los límites máximos de la normativa para descarga a un cuerpo de agua dulce.

Recalcando que los parámetros y resultados presentados en las tablas 12 y 13, son entregados por el departamento de ambiente del Cantón sigsig.

Tabla 12. Resultados de los análisis del efluente de la planta de tratamiento durante el convenio con el camal de Gualaceo, (2017/02/03).

Parámetro	Unidades	Efluente planta de tratamiento	Límite máximo
DBO5	mg/l	938	100
DQO	mg/l	2.007	200
Fosforo Total	mg/l	7,68	10
pH		6,33	6-9
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	170	130
Coliformes Totales	NMP/100ml	3,30E+05	
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100ml	1,10E+05	

Tabla 13. Resultados de los análisis del efluente de la planta de tratamiento durante el convenio con el camal de Gualaceo, (2017/30/06).

Parámetro	Unidades	Efluente planta de tratamiento	Límite máximo
DBO5	mg/l	890	100
DQO	mg/l	2.805	200
Fosforo Total	mg/l	11,47	10
pH		6,49	6-9



Solidos Suspendidos Totales	mg/l	----	130
Coliformes Totales	NMP/100ml	1,30E+06	
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100ml	4,50E+05	

Fuente (Laboratorio de Saneamiento empresa ETAPA)

Una vez concluido el convenio entre dichos camales se realizó un nuevo análisis (tabla 14), en esta ocasión en afluente y efluente, para así poder tener una visión más clara de la procedencia del problema, a lo que también se incluyó parámetros como NKT, sólidos totales y conductividad que son necesarios para este estudio.

Tabla 14. Resultados de los análisis de afluente y efluente de la planta de tratamiento, finalizado el convenio con el camal de Gualaceo 2018/02/09.

Parámetro	Unidades	Afluente planta de tratamiento	Efluente planta de tratamiento	Límite máximo
Conductividad	uS/cm	251	606	3000
DBO5	mg/l	503	410	100
DQO	mg/l	1.218	1.024	200
Fosforo Total	mg/l	8,35	6,71	10
NKT	mg/l	126,52	140,57	50
pH		7,59	6,55	6 - 9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	206	118	130
Sólidos Totales	mg/l	827	627	1600
Turbiedad	NTU	84,8	74,7	
Coliformes Totales	NMP/100ml	7,00E+05	1,70E+05	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,30E+05	1,70E+05	

Fuente (Laboratorio de Saneamiento empresa ETAPA)

2.2.4 Resultado de Evaluación

De acuerdo a la evaluación realizada se concluyó que, las principales fuentes que generan residuos líquidos en el camal son las aguas de lavado, evisceración y la corriente que proviene del desangrado, pues estos se recogen en recolectores

Autor: Christian Fernando Chuya Placencia



ubicados a lo largo de las instalaciones, y son vertidos directamente en el sistema de alcantarillado del camal, a la planta de tratamiento para agua residual.

Los análisis realizados demuestran que el efluente del proceso de faenación presenta una alta carga orgánica debido al contenido de sangre, grasa, pelos, estiércol, agentes de limpieza y orina, problema que se incrementó al trabajar en conjunto con el camal de Gualaceo, teniendo valores de DQO y de DBO₅ que sobrepasan al límite máximo de la normativa actual.

Demostrando el impacto negativo que produce el eliminar directamente grandes volúmenes de sangre en el sistema de alcantarillado del camal y que la planta de tratamiento de agua residual no está diseñada para tratar los niveles de carga orgánica que se presentaron al incrementar la capacidad del camal.

CAPITULO 3

MEJORA DEL PROCESO

3 Mejoras

La eficiencia ambiental es la capacidad de cumplir objetivos, a un bajo costo y con el mínimo daño al ambiente, por lo que este trabajo de titulación pretende optimizar el proceso de faenamiento, con el fin de mejorar el tratamiento del agua residual. Para lo cual se evaluó dicho proceso y sus consecuencias, lo que llevó a la conclusión de que al eliminar el vertido de sangre directo al alcantarillado, se disminuye la contaminación por carga orgánica a la fuente hídrica del río.

3.1 Mejora en la gestión de residuos

La concentración de contaminantes en el afluente que llega a la planta de tratamiento, dependerá de la cantidad de residuos retirados de la corriente y lo más importante el grado de recuperación de la sangre, pues al terminar la etapa de aturrido, se procede a encadenar la pata posterior para izarlo y almacenar la sangre en canecas de 55



galones sea de acero inoxidable o de plástico, una vez realizado este proceso, se le adiciona un anticoagulante a la sangre para su posterior tratamiento.

3.1.1 Método de aprovechamiento de la sangre

El aprovechamiento de la sangre se logra al no considerarla como un desecho, sino como materia prima para la producción de harina de sangre, por lo que se vio necesario adquirir un equipo de elaboración de harina de sangre, el mismo que cuente con los requerimientos adecuados para la capacidad de producción del camal (tabla 15).

Tabla 15. *Ficha técnica Digestor del equipo para elaboración de harina de sangre adquirido por el camal municipal del Cantón Sigsig*

Marca y/o Proveedor	Talleres Gustavo CH
Capacidad	150 Litros
Construcción	<p>Doble cilindro de acero, terminado con extremos embombados.</p> <p>En la camisa interna, se localizan dos agujeros fusibles para detectar el desgaste.</p> <p>En la parte superior se encuentra la compuerta para la expulsión de la harina al terminar el ciclo.</p> <p>Opuesto a la compuerta se encuentra todo el sistema motriz, (motorreductor extra pesado acoplado al eje del cooker mediante piñones y cadena extrafuerte).</p> <p>El eje central está construido en acero sobre el cual en la parte interna se ubican las paletas que por su construcción especial provocan la remoción de la carga.</p> <p>El material de construcción es: lámina de acero inoxidable grado A36, sistema de aislamiento en fibra de vidrio de 2in y revestido en aluminio calibre 20.</p>
Instrumentos	Termómetro, manómetro de presión de vapor, válvula de seguridad, panel de control (voltímetro, amperímetro y luces indicadoras).
Equipo auxiliar	Caldera de 30 BHP con quemadores a gas, bomba de 0.25 HP, trampa de condensados y motor de 15 HP para la agitación de



las aspas.

Fuente (Talleres Gustavo CH)

Adicional al equipo para la producción de harina de sangre, se encuentra un tanque de almacenamiento para la sangre antes del proceso, el cual tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 16. *Ficha técnica del tanque de almacenamiento para elaboración de harina de sangre adquirido por el camal municipal del Cantón Sigsig*

Marca y/o Proveedor	Talleres Gustavo CH.
Capacidad	120 Litros
Construcción	Cuerpo cilíndrico y cónico en su parte inferior, con lámina de acero inoxidable de 3/16 de grosor. De 3 m de alto por 1.20 m de diámetro.
Instrumentos auxiliares	Válvula de seguridad, medidor de nivel, manómetro.

Fuente (Talleres Gustavo CH)

3.2 Mejora en la planta de tratamiento

El tiempo de vida útil de la planta de tratamiento finalizo, razón por la cual se presenta una propuesta de diseño de una nueva planta, la cual se ajuste al incremento de producción del camal municipal en los siguientes 20 años, ayudando a mejorar la calidad del efluente que se vierte en el río Alcacay.

Para lo cual a continuación se detalla cada calculo con relación a las ecuaciones mencionadas en el capítulo anterior.

3.2.1 Consumo de agua



La estimación de la cantidad de agua que se consume, tanto para porcinos como para bovinos se determina mediante la ecuación 2:

Para bovinos:

$$Q = 500 \frac{L}{d} * 7$$

$$Q = 3500 \text{ L/d}$$

Para porcinos:

$$Q = 300 \frac{L}{d} * 10$$

$$Q = 3000 \text{ L/d}$$

Consumo de agua total:

$$Q = (3000 + 3500) \frac{L}{d}$$

$$Q = 6500 \text{ L/d}$$

$$Q = 6,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

3.2.2 Índice de consumo de carne (ICC)

Reemplazando en las ecuaciones 3 y 4 se obtiene:

Para bovinos:

$$CCF = 7 \text{ Bovinos/d} * 400 \text{ Kg}$$

$$CCF = 2800 \text{ Kg/d}$$

$$ICC = \frac{2800 \text{ Kg/d}}{46790}$$

$$ICC = 0,0598 \text{ Kg/d}$$



Para porcinos:

$$CCF = 10 \text{ Porcinos/d} * 100 \text{ Kg}$$

$$CCF = 1000 \text{ Kg/d}$$

$$ICC = \frac{1000 \text{ Kg/d}}{46790}$$

$$ICC = 0,0214 \text{ Kg/d}$$

Para determinar el número de habitantes actual se reemplazó en la ecuación 5.

$$K = \frac{26910 - 24635}{24635}$$

$$K = 0,09$$

La determinación de la población futura se estimó con la ecuación 6:

$$Pf = 46790 * [1 + (0,09 * 20)]$$

Pf	=	133211
habitantes		

Para la demanda proyectada a futuro, del consumo de carne se reemplaza en la ecuación 7.

Para Bovinos:

$$Df = 133211 * 0,0598 \text{ Kg/d}$$

$$Df = 20 \text{ Animales /d}$$

Para Porcinos:



$$Df = 133211 * 0,0214 \text{ Kg/d}$$

$$Df = 29 \text{ Animales /d}$$

3.2.3 Caudal proyectado a futuro

El caudal estimado que se proyecta a futuro se determinó mediante la ecuación 8:

$$Q = (29 + 20) \text{Animales por dia} * 6,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q = 314,59 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q = 13,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0,0036 \text{ m}^3/\text{d}$$

3.2.4 Rejillas

Para determinar el Área libre entre barras se utilizó la ecuación 9.

$$Al = \frac{0,0036 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$Al = 0,0081 \text{ m}^2$$

El área de la sección transversal del flujo se determinó mediante la ecuación 10:

$$Af = 0,0081 \text{ m}^2 * \frac{0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}{0,02 \text{ m}}$$

$$Af = 0,01 \text{ m}^2$$

Para los siguientes cálculos se necesita conocer la longitud de sumergida de la rejilla, para lo cual se reemplaza en la ecuación 11 y 12

$$d_{max} = \frac{0,0036 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,05 \text{ m}}$$



$$d_{max} = 0,16 \text{ m}$$

$$L_s = \frac{1,62m}{\operatorname{sen} 45^\circ}$$

$$L_s = 0,19 \text{ m}$$

A continuación se reemplaza en la ecuación 13, para conocer el número de barras

$$N^o = \frac{0,19 + 0,02}{0,01 + 0,05}$$

$$N = 7 \text{ barras}$$

La pérdida de carga a través de la rejilla se estimó mediante la ecuación 14

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left(\frac{\frac{0,6^2 m}{s} - 0,45^2 m/s}{2 * 9,8 m/s^2} \right)$$

$$h_L = 0,011 \text{ m}$$

3.2.5 Trampa de grasas

El volumen útil de la cámara de recepción para la trampa de grasas, se determinó mediante la ecuación 15:

$$V_{util} = 1,41m * 0,7 * 1,5$$

$$V_{util} = 1,49 \text{ m}^3$$

El tiempo de retención hidráulico de la cámara se calculó mediante la ecuación 16:

$$Thr = \frac{1,49 \text{ m}^3}{13,11 \text{ m}^3/h}$$

$$Thr = 0,012 \text{ h}$$



3.2.6 Sedimentador

El cálculo del área superficial del tanque de sedimentación se determinó con la ecuación 17:

$$A = \frac{314,59 m^3/d}{48 m^3/m^2.d}$$

$A = 6,55 m^2$

Para determinar el diámetro del sedimentador se utilizó la ecuación 18:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{6,55 m^2}{\pi}}$$

$\emptyset = 2,8 m$

El volumen de la cámara del tanque de sedimentación se determinó con la ecuación 19:

$$V = 4,43 m * 1,48 m * 4m$$

Aplicando la relación largo:ancho de 3:1, se reemplaza en la ecuación 20

$$l = 3a$$

$$A = l * a$$

$$a = \sqrt{6,55 m^2 / 3}$$

$V = 26,22 m^3$

El tiempo de retención hidráulico se calculó con la ecuación 21:

$$Tr = \frac{26,22 m^3}{13,11 m^3/h}$$



$$Tr = 2 \text{ h}$$

Para calcular la velocidad de arrastre se reemplaza en la ecuación 23:

$$Vh = [8 * 0,05(1,05 - 1) * 9,8m/s * \frac{0,01m}{f0,03}]^{0,5}$$

$$Vh = 0,26 \text{ m/s}$$

La carga de los sólidos que entran al sedimentador se calcula con la ecuación 24:

$$C = 314,19 \text{ m}^3/\text{d} * 206\text{mg/l} * 0,0864$$

$$C = 5,60 \text{ Kg/d}$$

Para determinar la masa que conforman los lodos se utiliza la siguiente la ecuación 25:

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 5,60 \text{ Kg/d}) + (0,5 * 0,3 * 5,60 \text{ Kg/d})$$

$$Msd = 1,8 \text{ Kg/d}$$

El volumen de sólidos digeridos diariamente, se determina mediante la siguiente ecuación 26:

$$Vld = \frac{1,8 \text{ Kg/d}}{1,4 \text{ Kg/l} * 0,4}$$

$$Vld = 4,37 \text{ L/d}$$

El volumen de lodos para extraer del tanque, viene dado por la ecuación 27:

$$Vel = \frac{4,37 \text{ Kg/d} * 40}{1000}$$

$$Vel = 0,17 \text{ m}^3$$

3.2.7 Tanque Imhoff



La superficie del tanque Imhoff se calculó con la ecuación 28:

$$S = \frac{314,59m^3/d}{24 m3/m2.d}$$

$S = 13,11 \text{ m}^2$

Para el cálculo de la Profundidad, superficie del triángulo, del rectángulo y total, se utilizan las formulas de la 29 a la 32.

$$P = \left[\frac{(2m - 0,15m)}{2} \right] * 1,75$$

$p = 1,62m$

$$A1 = \left[\frac{(2m - 0,15m)}{2} \right] * \frac{1,62m}{2}$$

$A1 = 0,75 \text{ m}^2$

$$Ae = 0,15m * 1,62m$$

$Ae = 0,24 \text{ m}^2$

$$At = 2 * (0,75 \text{ m}^2 + 0,24 \text{ m}^2)$$

$At = 1,98 \text{ m}^2$

El volumen de decantación, corresponde al volumen del prisma y se determinó con la ecuación 33:

$$v_{dec} = (0,5m * 13,11 \text{ m}^2) + (1,98 \text{ m}^2 * 4m)$$

$V_{dec} = 11,93 \text{ m}^3$

Se realizaron las siguientes comprobaciones en base a las ecuaciones 34 y 35:



$$Vh = \frac{13,11m^3/h}{1,98m^2 * 60}$$

Vh= 0,11 m/min <0,3

$$2 < Thr = \frac{11,93m^3 * 24}{13,11m^3/h} < 4$$

2<Thr= 0,91h <4

El cálculo de la superficie total del tanque Imhoff se determinó por la ecuación 36:

$$S_t = (1 + 0,2) * (4 * 2)$$

St=9,6m²

Para determinar el ancho total del tanque Imhoff se utilizó la ecuación 37

$$W_t = 2m + 0,5m$$

Wt=2,5 m

Reemplazando en la ecuación 38 se obtiene la longitud total del Imhoff

$$L_t = \frac{9,6m^2}{2,5 m}$$

Lt= 3,8 m

Para el cálculo del volumen de los lodos se utilizó la ecuación 39

$$V_{lodos} = \frac{0,7 * 6/12 * 133211}{1000}$$

V_{lodos} = 0,93m³

El cálculo para obtener la altura del fondo se realizó con la ecuación 40:



$$h_3 = \left[\frac{\left(\frac{3,8m}{2} \right)}{2} \right] * \operatorname{tg} 45$$

$H_3 = 1,55m$

Para la altura ocupada por los lodos, utilizó la ecuación 41:

$$h_2 = \frac{0,93m^3 - (1/3 * 3,8m * 2,5m * 1,55m)}{(3,8m * 2,5m)}$$

$H_2 = 0,61m$

Para determinar la altura total del tanque Imhoff, se utilizó la ecuación 42

$$h_t = 0,5m + 0,5m + 0,5m + 0,61m + 1,55m$$

$H_t = 5,29m$

El volumen total para el tanque Imhoff se calculó con la ecuación 43:

$$V_t = (05 + 11,93 + 0,93)m^3 + (* 3,8m * 2,5m * 0,5m)$$

$H_t = 26,46m^3$

3.2.8 Filtro de arena

Para el diseño de un filtro de arena se utilizó la ecuación 45:

$$A_f = \frac{13,11m^3/h}{0,3m^2}$$

$A_f = 43,69m^2$

Para el cálculo del lecho de secado se reemplaza en la ecuación 46:



$$Als = \frac{0,17 \text{ m}^3 + 0,93}{0,4}$$

$$\boxed{\text{Als= } 2,77\text{m}^2}$$

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según (Alvarez Calvache, 2010), la sangre es el desecho líquido cuyo valor contaminante produce el mayor impacto ambiental, pues la concentración de cada litro de sangre tiene valores de DBO5 entre 150.000 - 200.00 mg/l en materia orgánica, corroborando lo expuesto en este trabajo de titulación, sobre que el principal problema de la planta es el residuo de sangre sin tratar.

Demostrando mediante un análisis tanto de afluente como de efluente, que al retirar la sangre que se vierte directamente en la planta de tratamiento (tabla 14), todos los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, concordando con (Alvarez Calvache, 2010), sobre el peligro de la sangre no tratada adecuadamente.



Tabla 17. Resultados de los análisis de la planta de tratamiento, después de aplicada la mejora. 2018/02/23

Parámetro	Unidades	Afluente planta de tratamiento	Efluente planta de tratamiento	Límite máximo
Conductividad	uS/cm	143	263	
DBO5	mg/l	150	38	100
DQO	mg/l	310	136	200
Fosforo Total	mg/l	4,38	2,49	10
NKT	mg/l	36,55	33,74	50
pH		6,64	6,38	6-9
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	147	27	130
Solidos Totales	mg/l	380	141	1600
Turbiedad	NTU	63,5	18,5	
Coliformes Totales	NMP/100ml	1,40E+05	7,00E+04	
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100ml	1,10E+04	3,10E+04	

Fuente (Laboratorio de Saneamiento empresa ETAPA)

4 Comparación de resultados pre y post mejora

Para entender con más claridad la disminución de la carga orgánica, al retirar la sangre que iba directamente a la planta de tratamiento, se realiza la siguiente comparación:

Tabla 18. Comparación de resultados de los análisis, antes y después de aplicada la mejora

Parámetros	Unidad	Antes de la mejora		Después de la mejora		Límite Máximo
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
Conductividad	Us/cm	251	606	143	263	
DQO	mg/l	1.218	1.024	310	136	100
DBO5	mg/l	503	410	150	38	200
Fósforo total (NKT)	mg/l	8,35 126,52	6,71 140,57	4,38 36,55	2,49 33,74	10 50
SST	mg/l	206	118	147	27	130
ST	mg/l	827	627	380	141	1600

4.1 Conductividad

En este parámetro podemos observar que, en los efluentes antes y después de la mejora existe un incremento en 355 y 120 Us/cm respectivamente, demostrando la presencia de sustancias disueltas ionizadas debido a los iones de sulfato de aluminio que son adicionados en la etapa de floculación del tratamiento para agua residual.

4.2 DQO

Autor: Christian Fernando Chuya Placencia



Puesto que este es uno de los parámetros más importantes, es notable la disminución de los valores de afluente en 908 mg/l y de efluente en 888 mg/l, encontrándose dentro de los valores óptimos, permitiendo así la oxidación de las sustancias reductoras que se encuentran en el agua.

4.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Se observa la disminución de los valores para el afluente en 353 mg/l y para el efluente de 372 mg/l, lo cual reduce la materia orgánica oxidable, permitiendo degradar con mayor facilidad la materia orgánica por acción de los microorganismos.

4.4 Fosforo Total

En este parámetro se notó una disminución en los valores tanto del afluente como del efluente siendo de 3,97 y 4,22 mg/l respectivamente, evidenciando que la concentración de detergentes utilizados en el lavado es menor y también por el aprovechamiento de la sangre.

4.5 Nitrógeno total kjedahl (NKT)

Los compuestos nitrogenados son muy importantes, pues en cantidades bajas son esenciales para la vida tanto de las plantas como de los animales, sin embargo, en exceso puede resultar perjudicial para el medio, produciendo un crecimiento excesivo de plantas acuáticas que al morir estas consumen oxígeno para su degradación disminuyendo el oxígeno disuelto, produciendo malos olores y cerrando el paso de la luz a aguas profundas.

4.6 Solidos Suspendidos totales

La determinación de solidos suspendidos totales es fundamental para evaluar la eficiencia de los tanques de sedimentación y establecer mejoras para este tipo de tratamientos, se puede apreciar la diferencia para el afluente en 59 mg/l y el efluente 91 mg/l, pues al disminuir la carga orgánica se reduce la concentración de partículas coloidales.



4.7 Solidos totales

A pesar de existir una diferencia entre los valores del efluente y afluente después de la mejora, estos valores demuestran que la incidencia de sólidos vertidos en el cauce del río está dentro de los valores permitidos por la normativa siendo el límite máximo permisible 1600 mg/l.

4.8 Planta de tratamiento

De acuerdo a la norma INEN 2655, para implementación de plantas de tratamiento prefabricadas para agua, la vida útil de los equipos que son sometidos a mantenimiento y limpieza pertinente, debe estar entre 10 y 20 años, pues al pasar de este periodo de tiempo, tanto los equipos como la planta de tratamiento empiezan a trabajar de manera ineficiente.

Mediante este trabajo de titulación, se pudo comprobar lo expuesto en la norma INEN 2655, pues desde la renovación en el camal municipal del Cantón Sigüi, han transcurrido 20 años, y la planta ha culminado con su tiempo de vida útil, mostrando disminución en la eficiencia de sus procesos, y presentando problemas en el efluente al no cumplir con los parámetros establecidos por la normativa.

Por esta razón se vio conveniente proponer el diseño de una nueva planta de tratamiento, que esté en capacidad de tratar un caudal proyectado para 20 años. A continuación, se detallan los parámetros necesarios para la construcción de dicha planta.

Tabla 19. Rejillas para la planta de tratamiento

REJILLAS	
Área sección trasversal de flujo (m ²)	0,012
Longitud de la rejilla sumergida (m)	0,190
Número de barras	7
Perdida de carga a través de la rejilla (m)	0,011
Grado de inclinación	45
Separación de las barras (m)	0,02
Espesor de las barras (m)	0,01

Tabla 20. Trampa de grasa para la planta de tratamiento

TRAMPA GRASAS



Longitud (m)	1,41
Ancho (m)	0,705
Altura (m)	1,5
Angulo forma cónica (m)	45
Volumen útil (m ³)	1,491
Tiempo de retención Hidráulico (h)	0,113

Tabla 21. Sedimentador para la planta de tratamiento

SEDIMENTADOR	
Área del sedimentador (m ²)	6,553
Ancho (m)	1,478
Longitud (m)	4,434
Diámetro (m)	2,889
Volumen del sedimentador (m ³)	26,215
Tiempo de retención hidráulico (h)	2
Velocidad de arrastre (m/s)	0,255
Carga de sólidos (kg/d)	5,60
Masa de sólidos (kg/d)	1,8
Volumen diario de sólidos digeridos (L/d)	4,37
Volumen de lodos para extraer (m ³)	0,17

Tabla 22. Tanque Imhoff para la planta de tratamiento

TANQUE IMHOFF	
Carga hidráulica (m ³ / m ² .d)	24
Superficie decantación (m ²)	13,107
Relación longitud -ancho	2:1
Longitud (m)	4
Ancho(m)	2
Obertura inferior (m)	0,15
Pendiente de las paredes (m)	1,75
Profundidad decantación (m)	1,618
Superficie del triángulo (m ²)	0,748
Superficie del rectángulo (m ²)	0,242
Superficie total (m ²)	1,982
Volumen decantación (m ³)	11,931
velocidad horizontal (m/min)	0,110
Tiempo de retención (h)	0,910
Superficie zona decantación (m ²)	8
Zona de escape de los gases (%)	0,2
Ancho total del tanque (m)	2,5
Longitud total del tanque (m)	3,84
velocidad de emisión unitaria de lodos	2,5
Tiempo de digestión (años)	6
Volumen de lodos (m ³)	0,932
Inclinación pared de fondo	45



Altura del fondo (m)	1,554
Altura ocupada por lodos (m)	0,614
Resguardo (m)	0,5
Altura deflector (m)	0,5
Distancia entre la obertura inferior y la superficie del lodo acumulado	0,5
Altura Total del tanque (m)	5,288
Volumen total del tanque (m ³)	26,464

Tabla 23. Cálculos para el filtro de arena, para la planta de tratamiento

FILTRO DE ARENA	
Área (m ²)	5,24
Longitud (m)	3,9
Altura (m)	0,95
Ancho (m)	1,3
Borde libre (m)	0,2

Tabla 24. Cálculos para el tanque secado, para la planta de tratamiento

DISEÑO DE TANQUE SECADO	
Área del lecho de secado (m ²)	2,77
Longitud (m)	2,9
Profundidad (m)	0,4
Ancho (m)	0,97

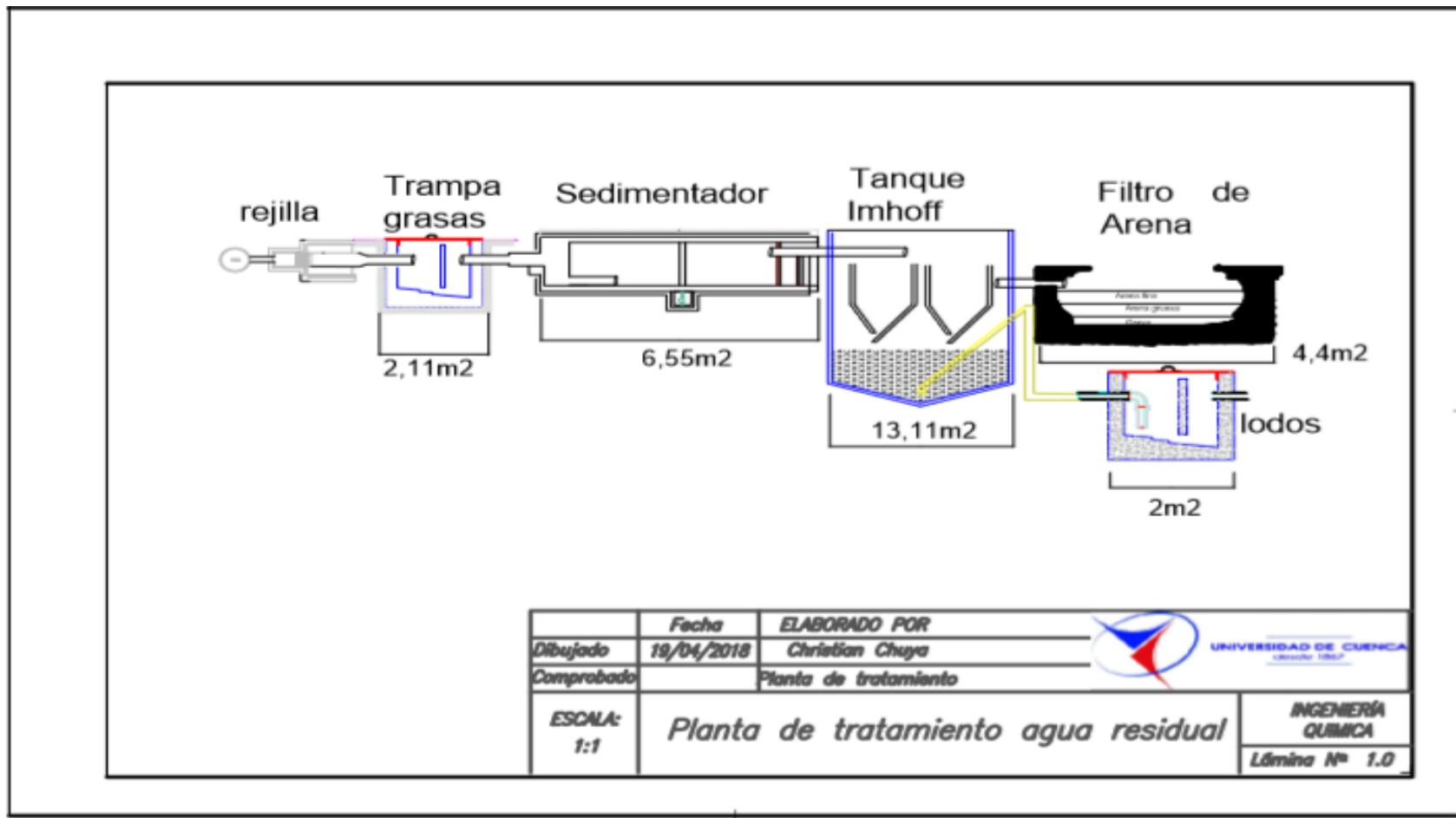


Figura 12. Diseño de planta de tratamiento



4.9 Plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento para una buena operación de la planta de tratamiento de agua residual consiste en la limpieza de las siguientes áreas:

- Rejilla, por lo menos una vez al día.
- Trampa de grasas, una vez por semana.
- Sedimentador y tanque Imhoff limpieza y retiro de lodos, una vez por semana.

4.9.1 Limpieza de rejilla.

En la limpieza de la rejilla se utiliza un rastrillo para retirar restos de pelo, piel, carne y vísceras retenidas en las barras, también es necesario quitar los sedimentos delante de la rejilla con la ayuda de una pala. Estos residuos son trasladados en una carretilla para su posterior disposición final.

4.9.2 Limpieza trampa de grasas.

Para evitar la acumulación de grasas, basura, carga orgánica ocasionando bloqueo en el flujo produciendo problemas, la limpieza de la trampa de grasa se realiza mediante una pala para retirar las capas de grasa y se traslada en una carretilla para su disposición.

4.9.3 Retiro de lodos sedimentador y tanque Imhoff.

El método para la limpieza de los tanques sedimentador y Imhoff se realiza en primer lugar con un vaciado completo de los tanques, se utiliza una pala o también una bomba para la remoción de los lodos. El manejo de los lodos se realiza con el tanque para el secado, los cuales poseen un drenaje en el fondo en forma de “v” que ayuda a que el lodo se seque en menor tiempo.

El tratamiento de lodos se realiza con la aplicación de cal viva para elevar su pH por encima de 12 y evitar que los microorganismos mantengan sus funciones metabólicas provocando malos olores, la mezcla y una buena homogenización es de importancia para romper cualquier bolsa de materia putrescible. El resultado de este tratamiento es



un lodo que puede ser usado con fines agrícolas como fertilizantes como por ejemplo en cultivo de maíz.



CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Para iniciar con este proyecto de titulación, se hizo una evaluación del proceso de faenamiento en el camal, donde se pudo determinar que debido a la mala gestión de residuos, la sangre de los animales, y la corriente que proviene del lavado de las vísceras, producían contaminación ambiental en la descarga de la planta, ya que estos residuos se descargaban directamente al alcantarillado, así como la acumulación de las vísceras en una fosa común de desechos, provocando malos olores y la atracción de roedores y vectores.
- Concluida la evaluación inicial, se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos, tanto para afluente como para el efluente de la planta de tratamiento, los cuales mostraron los siguientes resultados: DBO₅, DQO y NKT, siendo para afluente 503; 1.218; y 126,52 mg/l respectivamente, y para efluente 410; 1.024; y 140,57 mg/l, valores que se encontraban por encima de los límites máximos permitidos por la normativa, demostrando que existe contaminación en el medio.
- Con respecto a la planta de tratamiento de agua residual, se notó que por falta de mantenimiento, el proceso de depuración no se realiza correctamente, además que su vida útil finalizó, la cual contaba con rejilla, trampa de grasas, sedimentador y la fosa séptica, de igual manera se pudo notar que en la etapa de descarga existía malos olores que iban directamente al río Alcacay.
- Para la solución de los inconvenientes que presenta el camal y su planta de tratamiento de agua residual, se elaboró una propuesta que consta de lo siguiente: recolectar la sangre proveniente de la etapa de sangrado, para evitar su eliminación directa al alcantarillado, para lo cual, se hizo una prueba piloto, eliminando la sangre por un tiempo determinado, demostrando que en los



nuevos análisis realizados los parámetros de DBO₅, DQO y NKT toman los siguientes valores para afluente 150; 310 y 36,55 mg/l respectivamente y para efluente 38; 136 y 33,74 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de los rangos permitidos.

- Como segunda mejora se propuso el diseño de una nueva planta de tratamiento, cuya vida útil se proyecta para 20 años, logrando de esta manera, que el efluente proveniente del tratamiento, se encuentre dentro de los criterios establecidos en la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes.



4.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar todas las normas de higiene y seguridad en el proceso de faenado, tanto en la recolección y el almacenamiento de la sangre, tratando que se haga en recipientes de acero inoxidable, evitando su contaminación para su empleo como materia prima en la producción de harina de sangre, como en la disposición final de las vísceras, para evitar malos olores y presencia de malos olores y presencia de vectores.
- Se recomienda hacer una toma de muestra, por lo menos una vez al año, tanto a la entrada como a la salida, de la planta de tratamiento, para así verificar que esté trabajando en condiciones óptimas, cumpliendo con las normas de calidad establecidas por la ley.
- En caso de ejecutarse la propuesta de la nueva planta de tratamiento del agua residual, se recomienda emplear a un operador que realice el mantenimiento periódicamente, evacuando los lodos, para evitar la formación de colmataciones.
- Utilizar los lodos que se generan en la planta de tratamiento, como materia prima para la producción de abono orgánico a partir de la adición de cal, dándole una utilidad a este residuo, evitando así su desecho en los ríos.
- Se recomienda para el diseño del tanque de almacenamiento para el proceso de fabricación de harina de sangre, que dicho tanque posea un volumen mayor, pues el establecido de 150L no satisface el volumen de sangre producido en el faenado, además se recomienda que el material de fabricación A36 sea remplazado por el A304 que el material recomendado para el contacto con la sangre.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- del Hoyo González , M. (2012). *VALORIZACIÓN DE SANGRE DE MATADEROS MEDIANTE EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES Y PRODUCTOS.* Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo , Oviedo. Obtenido de <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=38586>
- L. Cromwell, D. (25 de 09 de 2015). *Engormix-Balanceados y Piensos.* Obtenido de <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/subproductos-reciclados-origen-animal-t32664.htm>
- Alianza por el agua /ecogologia y desarollo . (2008). *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS REIDUALES URBANAS.* Zaragoza: Ideasamares. Obtenido de <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>
- Alvarez Calvache, F. (2010). *LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL FAENAMIENTO EN EL CAMAL MUNICIPAL SALCEDO Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACION DEL RIO CUTUCHI.* TESIS, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1774/1/MSc.%206.pdf>
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.* Montecristi.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.* Registro Oficial Nº 305. Quito.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Nº 316 . Quito.
- Cayo Changoluisa, N. (2013). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA FÁBRICA DE HARINA DESANGRE DEL CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL RIOBAMBA.* Tesis, Riobamba. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/402/1/UNACH-EC-IINDUST-2013-0002.pdf#30>



Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente. (2003).

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL DISEÑO DE UN ATRAPA GRASAS. Lima: Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
Obtenido de

http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf

Comision de Legislacion y Codificacion . (2004). *LEY DE PREVENCION Y CONTROL*

DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL. Ley de Gestión Ambiental del Ecuador. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCION-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACION-AMBIENTAL.pdf>

Cuellar Carrasco, E. (2010). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL.* UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”, MÉXICO. Obtenido de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5612/T18126%20CUELLAR%20CARRASCO%2C%20EDWIN%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Espin Salto, A. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento para agua residual para el camal del Canton Alausi.* Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de

<file:///C:/Users/chris/Downloads/ejemplo%20de%20tesis.pdf>

Espín, A. C. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el camal municipal del cantón Alausí.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Químicas, Riobamba. Obtenido de <file:///C:/Users/Ceci/Downloads/ejemplo-de-tesis.pdf>

Garcia Aguirre, P. (2003). *Revisión de literatura sobre métodos de extracción de plasma sanguíneo de res y de cerdo.* Universidad de Zamorano , Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1920/1/AGI-2003-T015.pdf>

Garcia Flores, M., Muñoz Quevedo, A., & Sacoto Garcia, A. (2011). *ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL PROCESO DE FAENADO OBTENIDOS EN EL CAMAL MUNICIPAL DE LA CUIDAD DE AZOGUES.* Tesis, Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1586/15/UPS-CT002019.pdf>

García Garibay, M., Quintero Ramírez, R., & López Munguía, A. (1993). *Biotecnología alimentaria.* Mexico: Limusa. Obtenido de



- <https://books.google.com.ec/books?id=2ctdvBnTa18C&pg=PA403&dq=prote%C3%ADnas+vegetales+son+deficientes+en+amino%C3%A1cidos+como+la+lisina,+metionina,+tript%C3%B3fano+y+treonina&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwieseXj0JbYAhUH2WMKHWjwB0AQ6AEIJjAA#v=onepage&q=prote%C3%ADna>
- García, J., & Corzo, A. (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de humedales de flujo subsuperficial.* Obtenido de <https://www.pru.es/images/descargas/LIBRO%20HUMEDALES%20ARTIFICIALES.pdf>
- Guanuchi Quito, A. (2012). *DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL AGUA DE LA COMUNIDAD DE COCHAPATA DEL CANTÓN NABÓN – AZUAY – ECUADOR.* Nabon. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/257/1/T-SENECYT-0026.pdf>
- Guanuchi, A. E. (2012). *Diseño de sistemas de humedales artificiales para el saneamiento del agua de la comunidad de Cochapata del cantón Nabón - Azuay - Ecuador.* Investigación. Ingeniería Química, Saragoza. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/257/1/T-SENECYT-0026.pdf>
- Guerrero Marin , G. (2010). *DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA PARA LA ELABORACIÓN DE SANGRE DESHIDRATADA PARA ALIMENTOS BALANCEADOS.* Tesis, Escuela Politecnica Nacional , Quito.
- Hernandez Muñoz, D. (2001). *Depuracion y Desinfeccion de Aguas Residuales.* España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos .
- Lozano Rivas, W. (2013). *Calidad del agua -Metodos simplicados para su muestreo y analisis.* Bogota: Departamento de publicacion y comunicacion grafica de la Universidad piloto de Colombia. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Ok0DwAAQBAJ&pg=PT174&dq=muestreo+agua+pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi08rf8k6TaAhVJwlkKHTD6AnMQ6AEIODAD#v=onepage&q=muestreo&f=false>
- Muñoz Couto R. (2009). *uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales municipales en el entorno de la Laguna de Tamiahua, Veracruz.* Universidad de



- las Américas , Puebla. Obtenido de
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/munoz_c_r/capitulo2.pdf
- Muñoz Cuoto, R. (2009). *Uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales municipales en el entorno de la Laguna de Tamiahua, Veracruz*. Universidad de las Américas Puebla. Puebla: Universidad de las Américas . Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJ0cKa99LYAhULzGMKHT6XB-sQFggyMAI&url=http%3A%2F%2Fcatarina.udlap.mx%2Fu_dl_a%2Ftales%2Fdокументos%2Flic%2Fmunoz_c_r%2Fcapítulo2.pdf&usg=AOvVaw0HaVxX7dYfgBldGBcgl
- Naula Cayambe, S. (2006). *Control de calidad del sulfato de aluminio sólido entregado en las plantas de tratamiento de agua potable de Tixan y El cebollar*. Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://nas.ucuenca.edu.ec/BibliotecaDigital/ebooks/tq890.pdf>
- NTE INEN 2 176. (1998). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Normativa, QUITO.
- Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion . (1997). *Tratamiento Y Utilización de Residuos de Origen Animal, Pesquero Y Alimenticio en la Alimentacion Animal*. (V. Figuero , & M. Sanchez , Edits.) Roma, Italia: FAO. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ssK1bNa3XsMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=harina%20de%20sangre&f=false
- Organizacion Panamericana de la Salud. (2005). *Guia para diseño de tanques septicos, tanques Imhoff y lagunas de estabilizacion* (110 ed.). Lima: Centro panamericano de Ingenieria Sanitaria . Obtenido de https://www.academia.edu/8355224/GU%C3%8DA_PARA_EL_DISE%C3%91O_DE_TANQUES_S%C3%89PTICOS_TANQUES_IMHOFF_Y_LAGUNAS_DE_ESTABILIZACI%C3%93N
- Organizacion Panamericana de la Salud. (2005). *Guia para el diseño de sistemas de tratamiento de filtracion en multiples etapas*. Lima: Area de desarrollo sostenible y salud ambiental. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>
- Ramos Olmos, R., Sepulveda Marques , R., & Villalobos Moreto, F. (2003). *El Agua en el Medio Ambiente Muestreo y Analisis*. Plaza y Valdes, S.A de C, V. . Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=b8I->



xhcHPEYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v
=onepage&q&f=false

Ruiz Davila, S. (2011). *Plan de gestion de residuos del camal del Canton Antonio Ante.*

Tesis , Escuela Politecnica Nacional , Facultad de Ing Civil y Ambiental, Quito.

Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3743/1/CD-3437.pdf>

Valencia Medina, J. T. (2012). *Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales en el area de bovinos para el camal frigorifico municipal de riobamba.* Escuela superior tecnica del Chimborazo. Riobamba: Escuela superior tecnica del Chimborazo. Obtenido de <file:///C:/Users/chris/Downloads/96T00162.pdf>

Vasquez C., J. (1998). *DISEÑO HIDROSANITARIO PARA EL CAMAL MUNICIPAL DE SIGSIG.*

Vasquez C., J. (1998). *DISEÑO HIDROSANITARIO PARA EL CAMAL MUNICIPAL DE SIGSIG.* Consultor Individual, Sigsig.

Vazquez Lopez, R., & Casp Vanaclocha, A. (2004). *Tecnologia de Mataderos.* Madrid: mundi-prensa libroa, s. a. .



ANEXO I (TABLAS)

**Tabla 25.** Límites máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Acetos y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganoso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspensos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: (Libro VI TULSMA)



ANEXO II (FOTOGRAFÍAS)



Figura 13. Planta de tratamiento agua residual.



Figura 14. Efluente de la planta al Rio Alcacay.



Figura 15. Vertido de sangre directo en alcantarilla.



Figura 16. Recolección de sangre del ganado porcino



Figura 17. Recolección de sangre Bovino



ANEXO III (Análisis de muestras)

LABORATORIO OFICIAL DE DRENAJE Y AGUAS Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca TelF: 4175557 - 4175568	LABORATORIO de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 3C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1																																													
FECHA: 2017/01/27 INFORME N°: 043/17																																															
CLIENTE NOMBRE: GADS-MG DIRECCIÓN: Tome y Rodil - Sig sig																																															
MUESTRA CÓDIGO: 043/01/17 DESCRIPCIÓN: Agua Residual PROCEDENCIA: Cesar Municipal Sig sig FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/01/27 ENTREGADAS POR: Técnico Lorena Alvarez																																															
RESULTADOS																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>MÉTODO</th> <th>FECHA REALIZACIÓN</th> <th>UNIDADES</th> <th>Muestra 2 043/01/17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO5</td> <td>PEEL/SIFQ/01</td> <td>2017/01/27 2017/02/01</td> <td>mg/l</td> <td>938</td> </tr> <tr> <td>DOO</td> <td>PEEL/SIFQ/06</td> <td>2017/01/27</td> <td>mg/l</td> <td>2007</td> </tr> <tr> <td>FOSFORO TOTAL</td> <td>PEEL/SIFQ/03</td> <td>2017/01/20</td> <td>mg/l</td> <td>7.68</td> </tr> <tr> <td>PH</td> <td>PEEL/SIFQ/07</td> <td>2017/01/27</td> <td></td> <td>6.33</td> </tr> <tr> <td>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</td> <td>PEEL/SIFQ/04</td> <td>2017/01/27</td> <td>mg/l</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>COLIFORMES TOTALES *</td> <td>SM 9221 E</td> <td>2017/01/27 2017/01/29</td> <td>NMPF/100 ml</td> <td>3.3E+05</td> </tr> <tr> <td>COLIFORMES TERMOTOLERANTES *</td> <td>SM 9221 E</td> <td>2017/01/20</td> <td>NMPF/100 ml</td> <td>1.1E+05</td> </tr> <tr> <td colspan="5">SM: STANDARD METHODS, Edición 22</td> </tr> </tbody> </table>			PARAMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDADES	Muestra 2 043/01/17	DBO5	PEEL/SIFQ/01	2017/01/27 2017/02/01	mg/l	938	DOO	PEEL/SIFQ/06	2017/01/27	mg/l	2007	FOSFORO TOTAL	PEEL/SIFQ/03	2017/01/20	mg/l	7.68	PH	PEEL/SIFQ/07	2017/01/27		6.33	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEEL/SIFQ/04	2017/01/27	mg/l	170	COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/01/27 2017/01/29	NMPF/100 ml	3.3E+05	COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/01/20	NMPF/100 ml	1.1E+05	SM: STANDARD METHODS, Edición 22				
PARAMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDADES	Muestra 2 043/01/17																																											
DBO5	PEEL/SIFQ/01	2017/01/27 2017/02/01	mg/l	938																																											
DOO	PEEL/SIFQ/06	2017/01/27	mg/l	2007																																											
FOSFORO TOTAL	PEEL/SIFQ/03	2017/01/20	mg/l	7.68																																											
PH	PEEL/SIFQ/07	2017/01/27		6.33																																											
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEEL/SIFQ/04	2017/01/27	mg/l	170																																											
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/01/27 2017/01/29	NMPF/100 ml	3.3E+05																																											
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/01/20	NMPF/100 ml	1.1E+05																																											
SM: STANDARD METHODS, Edición 22																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARÁMETRO</th> <th>DBO5</th> <th>DOO (mg/l)</th> <th>DBO (mg/l)</th> <th>FOSFORO TOTAL</th> <th>SÓLIDOS SUSPENDIDOS</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTERVALOS</td> <td>9.12 % (0.5, 15.00)</td> <td>12.7% (0.5, 14.90)</td> <td>12.09% (0.5, 12.92)</td> <td>6.68% (0.5, 1.80)</td> <td>12.70% (0.5, 11.90)</td> <td>3.23 % (0.5, 3.00)</td> </tr> </tbody> </table>			PARÁMETRO	DBO5	DOO (mg/l)	DBO (mg/l)	FOSFORO TOTAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	pH	INTERVALOS	9.12 % (0.5, 15.00)	12.7% (0.5, 14.90)	12.09% (0.5, 12.92)	6.68% (0.5, 1.80)	12.70% (0.5, 11.90)	3.23 % (0.5, 3.00)																															
PARÁMETRO	DBO5	DOO (mg/l)	DBO (mg/l)	FOSFORO TOTAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	pH																																									
INTERVALOS	9.12 % (0.5, 15.00)	12.7% (0.5, 14.90)	12.09% (0.5, 12.92)	6.68% (0.5, 1.80)	12.70% (0.5, 11.90)	3.23 % (0.5, 3.00)																																									
<p>Atentamente,</p> <p> Biog. María José Chávez T. RESPONSABLE DEL LABORATORIO </p>																																															
<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo. - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio. - "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE" <p>MD3405-13</p>																																															

Figura 18. Análisis de agua residual, efluente de planta de tratamiento (27/01/2017).



Millanurquiana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	RESULTADOS Página 1 de 1																																					
FECHA: 2017/07/07	INFORME N°: 281/17																																						
CLIENTE NOMBRE: QADS-MG DIRECCIÓN: Toma y Rodil - Sigüig																																							
MUESTRA CÓDIGO: 281/01/17 DESCRIPCIÓN: Agua Residual PROCEDENCIA: Camal Municipal Sigüig FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/06/30 ENTREGADAS POR: Ing. Lautaro Cabrera																																							
RESULTADOS																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>MÉTODO</th> <th>FECHA REALIZACIÓN</th> <th>UNIDADES</th> <th>CAMAL MUNICIPAL 281/01/17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OBOS</td> <td>PEEL/SFC/01</td> <td>2017/06/30 2017/07/05</td> <td>mg/l</td> <td>890</td> </tr> <tr> <td>ODO</td> <td>PEEL/SFC/05</td> <td>2017/06/30</td> <td>mg/l</td> <td>2805</td> </tr> <tr> <td>FOSFORO TOTAL</td> <td>PEEL/SFC/03</td> <td>2017/06/30</td> <td>mg/l</td> <td>11.47</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>PEEL/SFC/07</td> <td>2017/06/30</td> <td></td> <td>6.49</td> </tr> <tr> <td>COLIFORMES TOTALES *</td> <td>SM 9221 E</td> <td>2017/06/30 2017/07/02</td> <td>NMP/ 100 ml</td> <td>1.3E+05</td> </tr> <tr> <td>COLIFORMES TERMOTOLERANTES *</td> <td>SM 9221 E</td> <td>2017/07/01 2017/07/03</td> <td>NMP/ 100 ml</td> <td>4.5E+05</td> </tr> </tbody> </table>					PARAMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDADES	CAMAL MUNICIPAL 281/01/17	OBOS	PEEL/SFC/01	2017/06/30 2017/07/05	mg/l	890	ODO	PEEL/SFC/05	2017/06/30	mg/l	2805	FOSFORO TOTAL	PEEL/SFC/03	2017/06/30	mg/l	11.47	pH	PEEL/SFC/07	2017/06/30		6.49	COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/06/30 2017/07/02	NMP/ 100 ml	1.3E+05	COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/07/01 2017/07/03	NMP/ 100 ml	4.5E+05
PARAMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDADES	CAMAL MUNICIPAL 281/01/17																																			
OBOS	PEEL/SFC/01	2017/06/30 2017/07/05	mg/l	890																																			
ODO	PEEL/SFC/05	2017/06/30	mg/l	2805																																			
FOSFORO TOTAL	PEEL/SFC/03	2017/06/30	mg/l	11.47																																			
pH	PEEL/SFC/07	2017/06/30		6.49																																			
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2017/06/30 2017/07/02	NMP/ 100 ml	1.3E+05																																			
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2017/07/01 2017/07/03	NMP/ 100 ml	4.5E+05																																			
SM: STANDARD METHODS, EDICIÓN 22																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>GRDE</th> <th>DGO (0-100)</th> <th>DGO (>100)</th> <th>FOSFORO TOTAL</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INCERTEZA</td> <td>10.13 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)</td> <td>12.7 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)</td> <td>73.38 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)</td> <td>5.54 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)</td> <td>5.28 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)</td> </tr> </tbody> </table>					PARAMETRO	GRDE	DGO (0-100)	DGO (>100)	FOSFORO TOTAL	pH	INCERTEZA	10.13 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	12.7 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	73.38 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	5.54 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	5.28 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)																							
PARAMETRO	GRDE	DGO (0-100)	DGO (>100)	FOSFORO TOTAL	pH																																		
INCERTEZA	10.13 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	12.7 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	73.38 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	5.54 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)	5.28 % (0.5 % <1.00) (0.5 % >1.00)																																		
<p>Atentamente,</p> <p><i>Laura Pérez</i> Biol. María José Chávez T. RESPONSABLE DEL LABORATORIO</p>																																							
<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo. - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio. - *Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE* 																																							

Figura 19. Análisis de agua residual, efluente de planta de tratamiento (30 /06/2017).



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Tel: 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	---	---

FECHA: 2018/02/09 INFORME N°: 055/18

CLIENTE
 NOMBRE: SR.CRISTIAN CHUYA
 DIRECCION: Carobobo y Eugenio Espejo - Cuenca

MUESTRA
 CODIGO: 055/01-02/18
 DESCRIPCION: Agua Residual
 PROCEDENCIA: Camal - Sig sig
 FECHA DE RECEPCION: 2018/02/02
 ENTREGADAS POR: Sr. Cristian Chuya

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Entrada al Camal 055/01/18	Salida del Camal 055/02/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/02/02	µS/cm	251	606
DB05	PEEL/S/FQ/01	2018/02/02 2018/02/07	mg/l	503	410
DOO	PEEL/S/FQ/05	2018/02/02	mg/l	1218	1024
FOSFORD TOTAL	PEEL/S/FQ/03	2018/02/07	mg/l	8.35	6.71
NKT *	SM 4500 Norg B	2018/02/06	mg/l	120.52	140.57
pH	PEEL/S/FQ/07	2018/02/02		7.59	6.55
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEEL/S/FQ/04	2018/02/02	mg/l	206	118
SÓLIDOS TOTALES	PEEL/S/FQ/05	2018/02/02	mg/l	827	627
TURBIEDAD *	SM 2130 B	2018/02/02	NTU	84.8	74.7
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/02/04	NMP/ 100 ml	7E+05	1.7E+05
COLIFORMES TERMITOLERANTES *	SM 9221 E	2018/02/03 2018/02/05	NMP/ 100 ml	1.9E+05	1.7E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

PARÁMETRO	2408	DOO >180	DOO >180	FOSFORO TOTAL	BALANZAS 9192040	BALANZAS TOTALES	pH
EXCEDEJAMÍN	18.12 % (30 %, >1.90)	12.7 % (30 %, >1.90)	12.05 % (30 %, >1.90)	0.14 % (30 %, >1.90)	12.79 % (30 %, >1.90)	17.21 % (30 %, >1.90)	6.03 % (30 %, >1.90)

Atentamente,
Christian Chuya
 Bsc. María José Chávez
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
 - Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
 - "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MCH05-13

Figura 20. Análisis de agua residual, afluente y efluente de planta de tratamiento (02/02/2018).



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	---	---

FECHA: 2018/02/23

INFORME N°: 068/18

CLIENTENOMBRE: SR. CRISTIAN CHUYA
DIRECCIÓN: Carabobo y Eugenio Espejo - Cuenca**MUESTRA**CÓDIGO: 068/01-02/18
DESCRIPCIÓN: Agua Residual
PROCEDENCIA: Camal - Sigüig
FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/02/16
ENTREGADAS POR: Sr. Cristian Chuya**RESULTADOS**

PARAMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDADES	Entrada al Camal 068/01/18	Salida del Camal 068/02/18
CONDUCTIVIDAD *	SM 2510 B	2018/02/16	µS/cm	143	263
DBOS	PEEL/SIFQ/01	2018/02/16 2018/02/21	mg/l	150	38
DO	PEEL/SIFQ/06	2018/02/16	mg/l	310	136
FOSFORO TOTAL	PEEL/SIFQ/03	2018/02/21	mg/l	4.35	2.49
NKT *	SM 4500 Norg B	2018/02/20	mg/l	36.55	33.74
pH	PEEL/SIFQ/07	2018/02/16		6.64	6.38
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEEL/SIFQ/04	2018/02/16	mg/l	147	27
SÓLIDOS TOTALES	PEEL/SIFQ/05	2018/02/16	mg/l	380	141
TURBIDEZ *	SM 2130 B	2018/02/16	NTU	63.5	18.5
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2018/02/16 2018/02/18	NMP/ 100 ml	1.4E+05	7E+04
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2018/02/17 2018/02/18	NMP/ 100 ml	1.1E+04	3.1E+04

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

PARÁMETRO	DBOS	DOO (±10%)	DOD (±10%)	FOSFORO TOTAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS TOTALES	PH
INCERTIDUMBRE	18.12%	12.7%	13.0%	3.0%	10.7%	17.21%	3.89%

Atentamente,

Bsc. María José Chávez
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- *Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

Figura 21. Análisis de agua residual, afluente y efluente de planta de tratamiento (16/02/2018)

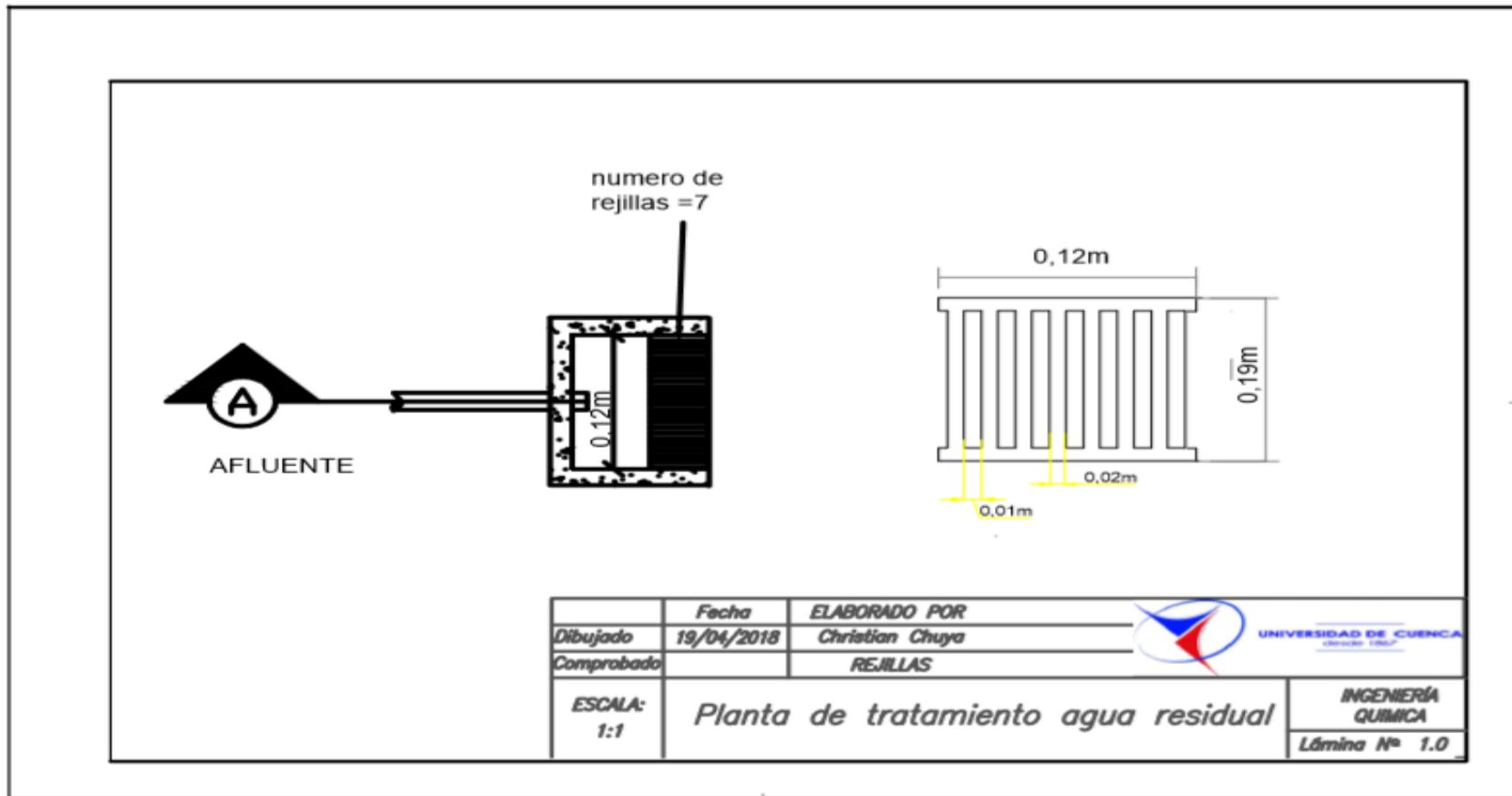


Figura 22. Diseño Rejillas para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.

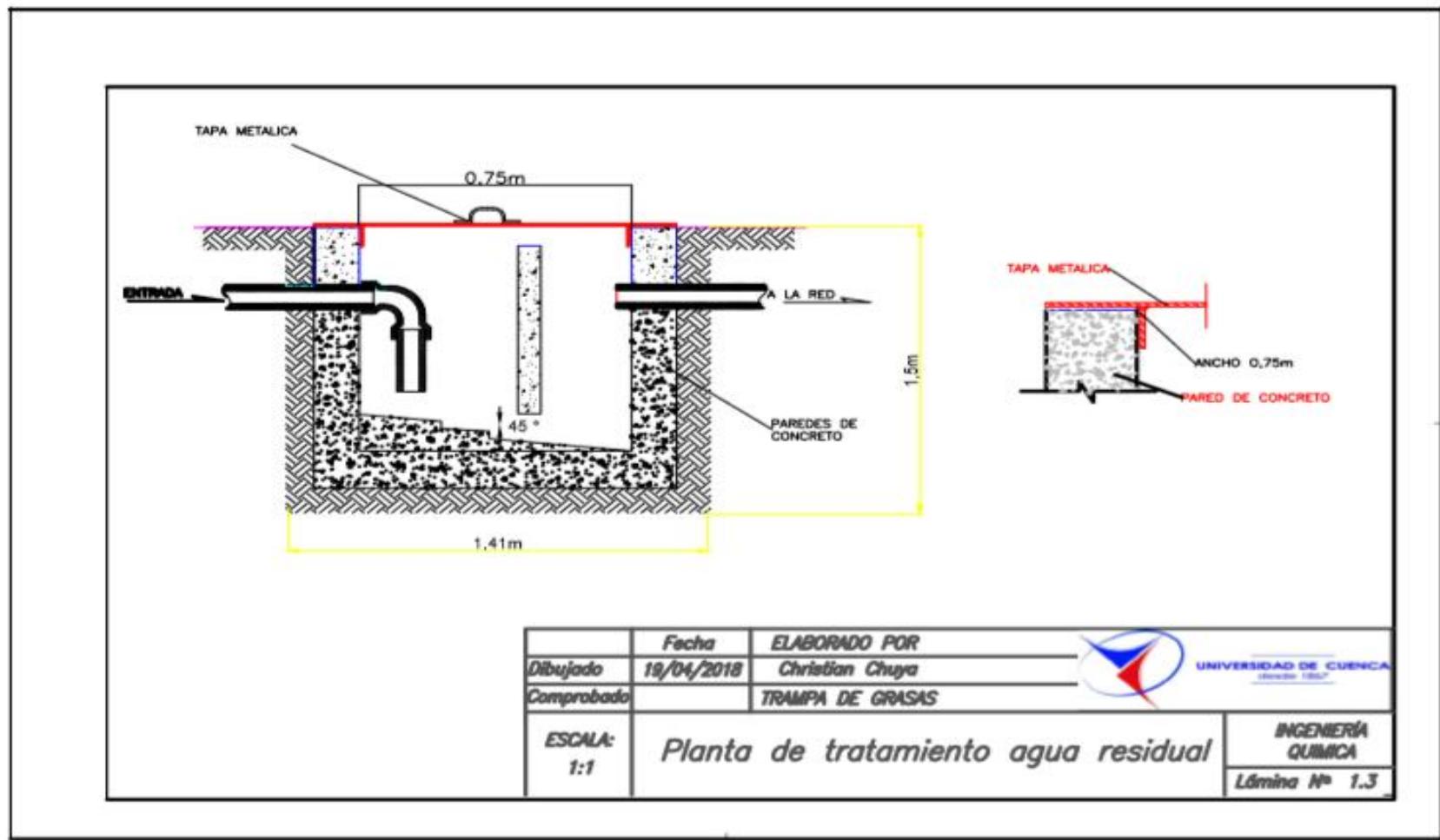


Figura 23.. Diseño Trampa de grasas para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.

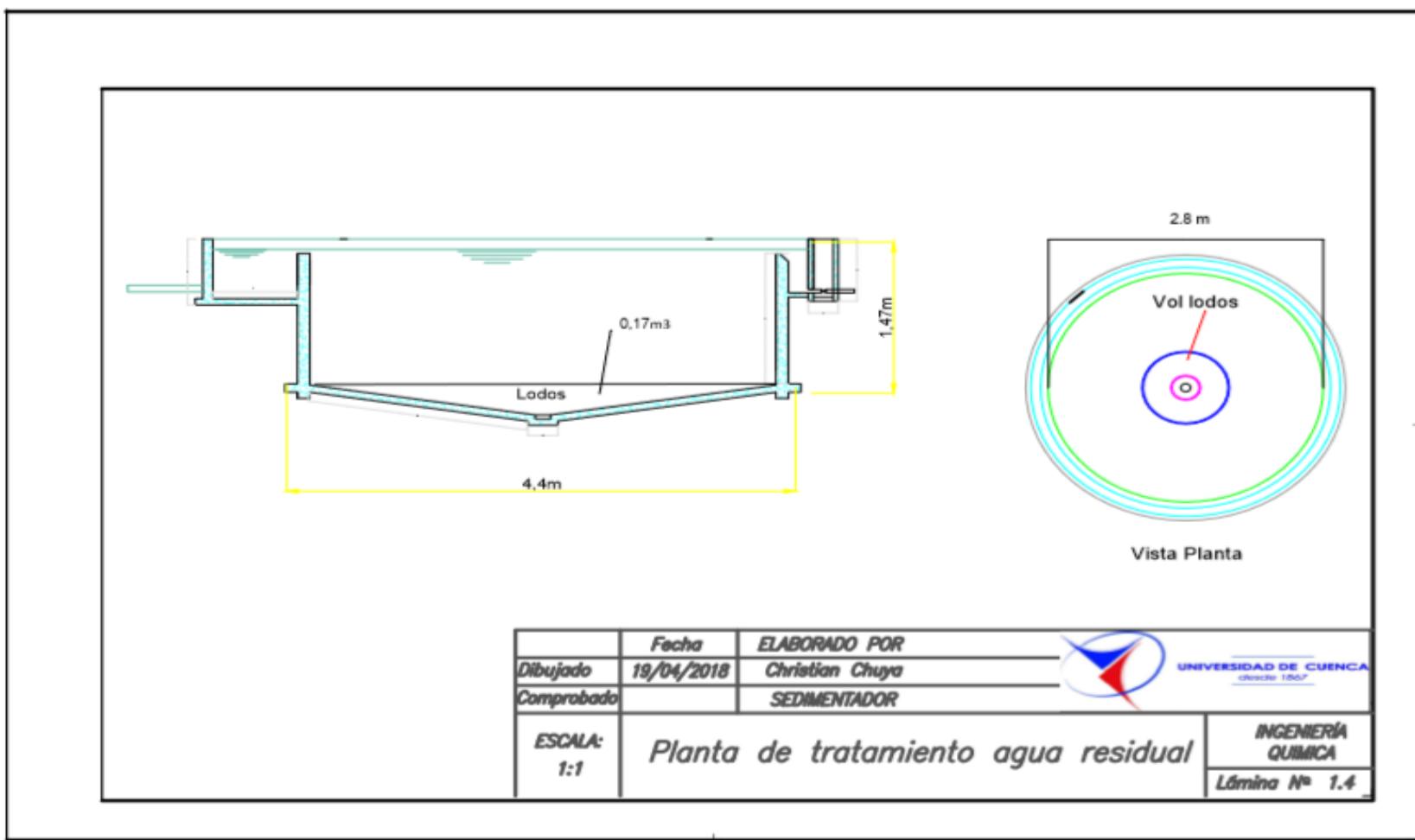


Figura 24. Diseño Sedimentador para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.

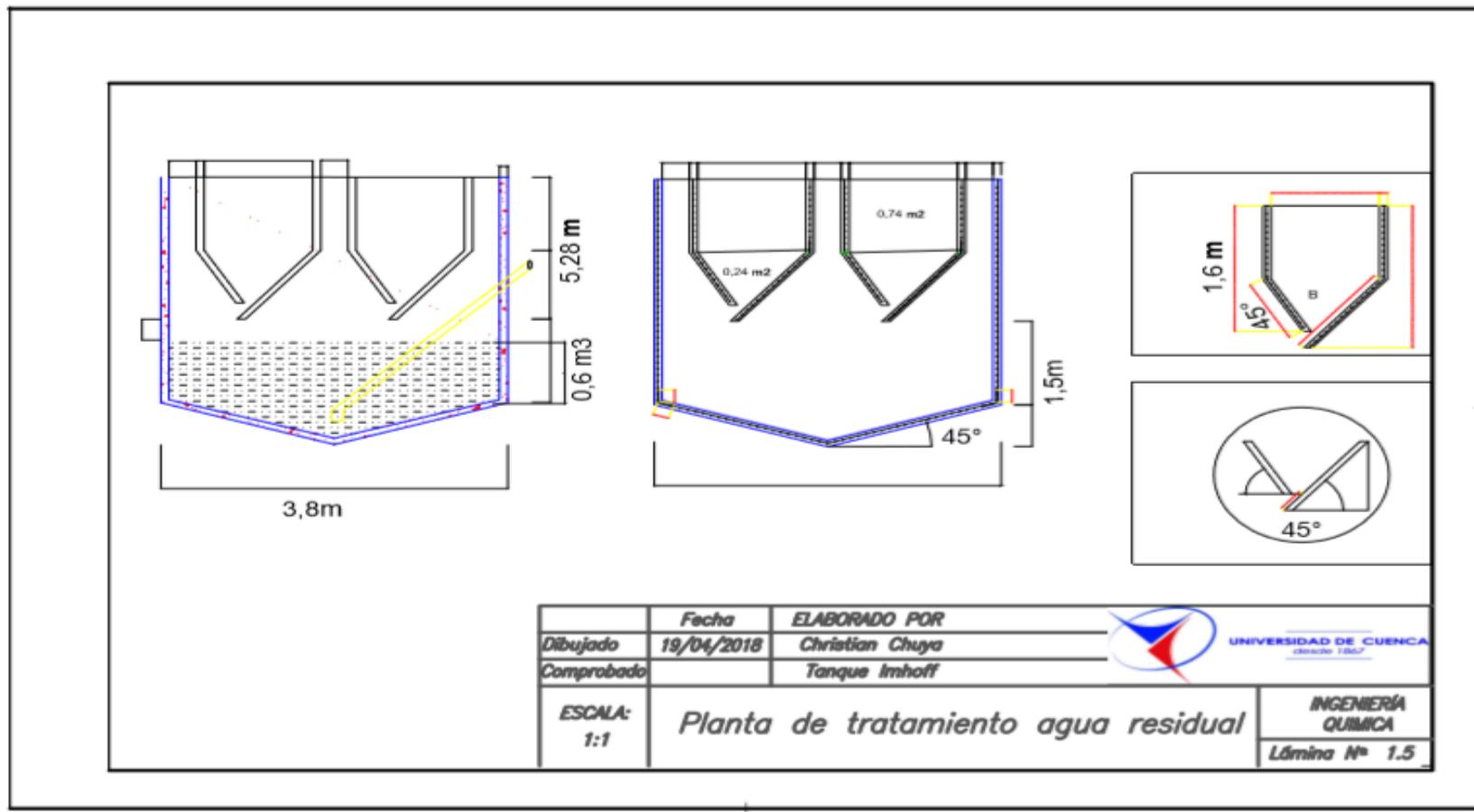


Figura 25. Diseño Tanque Imhoff para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.

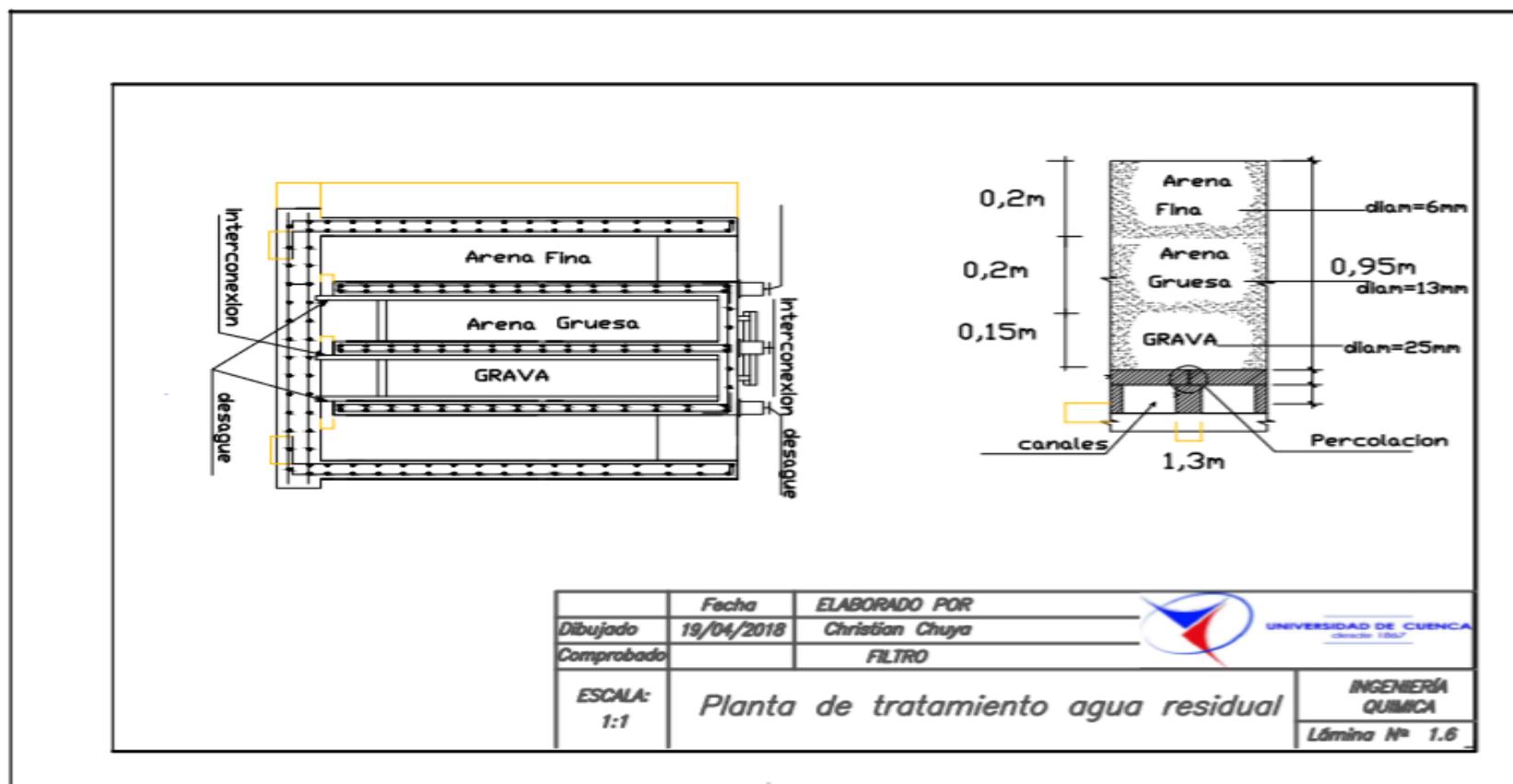


Figura 26. Diseño Filtro de arena para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.

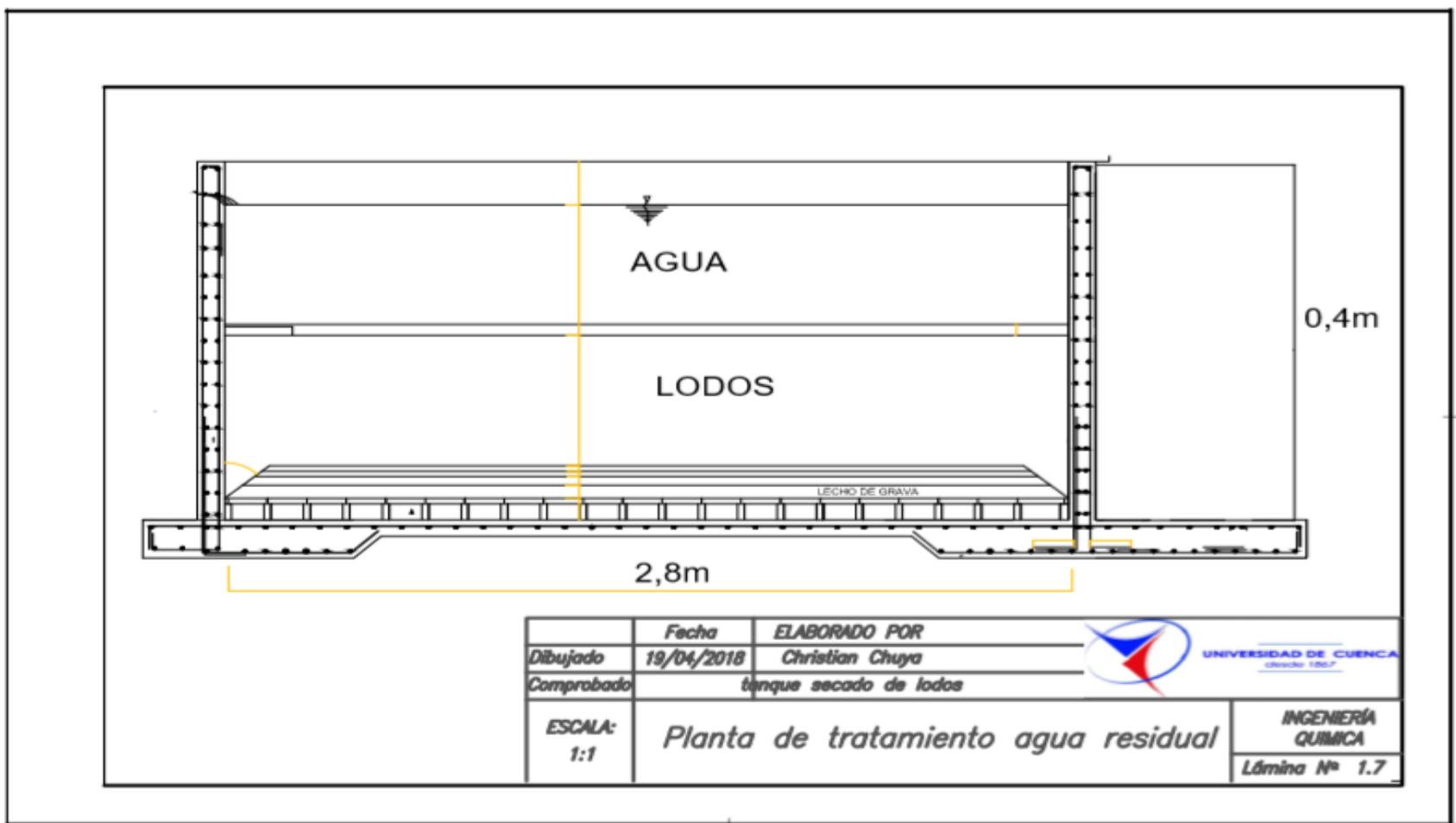


Figura 27. Diseño tanque de lodos para planta de tratamiento de agua residual de camal del Cantón Sigsig.