



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Título:

“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del centro de acopio de leche COPROCACB, parroquia Quimiag”

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autores:

Asitimbay Ilbay Jonathan Fernando
Loor Chasin José Alejandro

Tutor:

Mgs. María Fernanda Rivera Castillo

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Asitimbay Ilbay Jonathan Fernando y Loor Chasin José Alejandro, con cédula de ciudadanía 0605399377 y 2100822507, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE ACOPIO DE LECHE COPROCACB, PARROQUIA QUIMIAG, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 05 días del mes de mayo de 2023.



Asitimbay Ilbay Jonathan Fernando

C.I: 0605399377



Loor Chasin José Alejandro

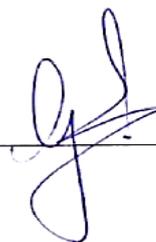
C.I: 2100822507

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE ACOPIO DE LECHE COPROCACB, PARROQUIA QUIMIAG, presentado por Asitimbay Ilbay Jonathan Fernando y Loor Chasin José Alejandro, con cédula de identidad número 0605399377 y 2100822507, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 5 días del mes de mayo del 2023.

Mgs. Guidó Patricio Santillán Lima
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



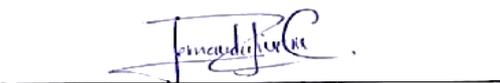
PhD. José Gregorio Prato Moreno
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Carla Fernanda Silva Padilla
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



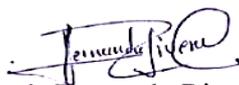
Mgs. María Fernanda Rivera Castillo
TUTOR



DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

Quien suscribó, MSc. María Fernanda Rivera Castillo catedrática adscrita a la facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Ambiental, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado. "Diseño de una planta de tratamientos de agua residual del centro de acopio de leche COPROCACB, Parroquia Quimiag "bajo la autoría de Jonathan Fernando Asitimbay y José Alejandro Loor Chasin, por lo que se autoriza ejecutar los tramites legales para su sustentación.

Es todo en cuanto puedo informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 05 días del mes de mayo de 2023.



MSc. María Fernanda Rivera Castillo

TUTORA



CERTIFICACIÓN

Que, **JONATHAN FERNANDO ASITIMBAY ILBAY** con CC: **060539937-7**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE ACOPIO DE LECHE COPROCACB, PARROQUIA QUIMIAG”**, cumple con el **4%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



Es creado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
RIVERA CASTILLO**

MSc. María Fernanda Rivera Castillo
TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN

Que, **LOOR CHASIN JOSÉ ALEJANDRO** con CC: **210082250-7**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE ACOPIO DE LECHE COPROCACB, PARROQUIA QUIMIAG”, cumple con el **4%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



Firmado electrónicamente por:
MARIA FERNANDA
RIVERA CASTILLO

Ing. María Fernanda Rivera
TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Luis F. Asitimbay y María B. Ilbay y mi hermana querida Mayra A. Asitimbay Ilbay que se encuentra en el cielo dándome su apoyo, ellos han sido pilares fundamentales dentro de mi carrera universitaria, con motivación para lograr mis sueños y su apoyo incondicional en cada una de mis etapas ayudándome a sobrellevar los malos momentos dando fuerzas para cumplir las metas establecidas.

También dedico este trabajo a mi tío que lo considero como mi padre Jaime L. Ilbay por sus palabras y consejos que me han servido como inspiración para salir adelante y cumplir con esta etapa de mi vida.

Jonathan Asitimbay

Este trabajo de investigación está dedicado de una manera muy especial a mi Dios, a mis padres y a mi familia.

A mi Dios por darme salud, vida y sabiduría en todo momento y mantenerme de pie para cumplir esta meta que me propuse finalizarla.

A mi madre querida Angela Chasin por todo el sacrificio y amor incondicional que me supo brindar en todo momento, por enseñarme a ser una persona correcta y de bien llena de calidad humana.

A mi padre Antonio Loor por apoyarme en cada momento que necesité de su ayuda, su ejemplo de lucha y perseverancia me ha enseñado a trabajar día a día hasta conseguir el objetivo que me he propuesto alcanzar.

A mis hermanos/as Adriana, Juan Carlos, Iván, Ramiro, Yulitza, María, Judith, Sebastián y Julián por ser una familia muy unida la cual me han brindado apoyo moral y económico en todo momento.

A mis sobrinos Jael, José, Jorge y Santiago por ser mi inspiración y apoyo emocional.

A mis tíos Inocencio y Elsa, por ser como unos verdaderos padres los cuales me supieron apoyar en todo momento y entender cada situación que atravesaba.

Finalmente, a mis abuelitos Carlos y Erema por ser mis pilares y apoyarme en todo momento en esta etapa de mi vida.

Alejandro Loor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por brindarme salud y vida durante todo el periodo estudiantil, a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme las puertas de esta excelente institución, un especial agradecimiento a mi tutora MsC. María Fernanda Rivera Castillo por su gran ayuda, paciencia, tiempo y confianza para realizar este proyecto de investigación.

Agradezco también a mi familia por todo su apoyo incondicional y darme ánimos para cumplir con este sueño ellos son parte esencial dentro de mi vida.

Finalmente agradezco a mis docentes por brindarme sus conocimientos necesarios para aplicarlos en este trabajo de investigación, así también a mis amigos que me han acompañado en esta etapa universitaria en donde hemos pasado buenos y malos momentos.

Jonathan Asitimbay

Mi agradecimiento está dirigido a quien ha forjado mi camino y me ha conducido por el sendero correcto, a mi Dios, que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez.

A mi familia que me apoyó en cada momento y me supieron guiar por el buen camino.

A la Universidad Nacional de Chimborazo “UNACH”, que me brindó los conocimientos necesarios para forjarme como un profesional de éxito.

A mi tutora y compañero de tesis, a mis docentes de la carrera por sus conocimientos, consejos, confianza y amistad, ya que gracias a ellos puedo culminar un peldaño más en mi formación personal y profesional.

Alejandro Loor

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	2
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL	3
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR	4
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	5
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	9
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I	18
1.1 INTRODUCCIÓN	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II	21
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Aguas residuales	21
2.1.1 Tipos de aguas residuales	21
2.1.2 Características de las aguas residuales	21
2.2 Industria Láctea	23
2.2.1 Proceso de recolección de leche cruda	24
2.2.2 Aguas residuales lácteas	25
2.2.3 Origen de las aguas residuales lácteas	25
2.2.4 Impacto ambiental que generan las aguas residuales lácteas	25

2.3	Caudal	26
2.3.1	Medición de caudal	26
2.4	Tratamiento de aguas residuales	26
2.4.1	Índice de Biodegradabilidad.....	27
2.4.2	Pretratamientos.....	27
2.4.3	Tratamientos Primarios.....	27
2.4.4	Tratamientos Secundarios	28
2.4.5	Tratamientos Terciarios	28
CAPÍTULO III.....		29
3.	METODOLOGÍA	29
3.1	Tipo de Investigación	29
3.2	Población	29
3.3	Muestra	29
3.4	MÉTODOS DE ANÁLISIS	30
3.4.1	Caracterización del agua residual.....	30
3.4.2	Determinación de Caudal.....	31
3.5	Selección y dimensionamiento de la planta de tratamiento	32
3.5.1	Tanque Homogeneizador	33
3.5.2	Trampa de grasas	34
3.5.3	Sistema DAF.....	34
3.5.4	Reactor U.A.S.B.	40
3.6	Cálculo de eficiencia de cada unidad de tratamiento	43
CAPÍTULO IV.....		45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1	Ubicación Geográfica del centro de acopio	45
4.2	Caracterización del agua residual.....	45
4.3	Caudal de diseño.....	47
4.4	Selección y dimensionamiento de las unidades de tratamiento	47
4.4.1	Índice de Biodegradabilidad.....	47

4.4.2	Tanque Homogeneizador	49
4.4.3	Trampa de Grasas	50
4.4.4	Sistema DAF	51
4.4.5	Reactor U.A.S.B.	52
4.5	Eficacia de la planta de tratamiento.....	53
4.6	Costos	56
CAPÍTULO V.....		57
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1	CONCLUSIONES	57
5.2	RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXOS		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de contaminación en la industria láctea.....	25
Tabla 2 Metodología HACH.....	30
Tabla 3 Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO5/DQO	32
Tabla 4 Densidad del aire a una atmósfera	36
Tabla 5 Presión de vapor de agua	37
Tabla 6 Parámetros de diseño	40
Tabla 7 Porcentaje remoción Trampa de Grasas	43
Tabla 8 Porcentaje remoción Sistem DAF.....	43
Tabla 9 Porcentaje remoción Reactor U.A.S.B.	44
Tabla 10 Resultados del análisis de laboratorio.....	46
Tabla 11 Cálculo del caudal en la zona de recepción y lavado	47
Tabla 12 Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del tanque homogeneizador.....	49
Tabla 13 Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento de la trampa de grasas	50
Tabla 14 Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del sistema de flotación por aire disuelto.....	51
Tabla 15 Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del reactor U.A.S.B. ...	52
Tabla 16 Balance de remoción de la trampa de grasas	54
Tabla 17 Balance de remoción del sistema de flotación por aire disuelto.....	54
Tabla 18 Balance de remoción del reactor UASB	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Centro de Acopio COPROCACB	45
Figura 2 Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto	48
Figura 3 Tren del sistema de tratamiento	48
Figura 4 Tanque Homogeneizador	49
Figura 5 Trampa de Grasas	50
Figura 6 Sistema DAF	52
Figura 7 Reactor U.A.S.B.	53

RESUMEN

En la industria láctea el agua forma parte fundamental en sus procesos, que al ser descargados sin ningún tipo de tratamiento estas aguas con cargas contaminantes que afectan de forma directa al ambiente, por lo tanto, el presente proyecto de investigación titulado Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del centro de acopio de leche COPROCACB de la parroquia Quimiag en el canto Riobamba de la Provincia de Chimborazo, en donde se aplicó una metodología en la cual se conoció *in situ* el problema causado por la descarga del agua residual producto del proceso del lavado de los tanques y equipos utilizados en el centro de acopio, de la misma forma se determinó un caudal de 2.30 L/s para la selección y diseño de las unidades de tratamiento, en conjunto con los análisis obtenidos en la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual de esta manera los resultados reflejan los parámetros que no se encuentran dentro del rango establecido en las normas de calidad ambiental y descarga de agua de efluentes, con los resultados reflejados se escogió y determinó las dimensiones de cada unidad de tratamiento adecuado para depurar las aguas residuales del centro de acopio, la planta de tratamiento constará de un taque homogeneizador, trampa de grasas, sedimentador primario, un sistema de aeración DAF y por ultimo un biodigestor anaerobio U.A.S.B. Finalmente la efectividad se determina con el porcentaje de eliminación de las unidades de tratamiento las cuales garantizan un agua tratada que se encontraran en los rangos óptimos de las normativa para descargas de efluentes.

Palabras claves; Agua residual, tratamiento, caudal, parámetros, unidades de tratamiento

ABSTRACT

In the dairy industry, water is a fundamental part of its processes, which when discharged without any type of treatment these waters with pollutant loads directly affect the environment, therefore, the present research project entitled Design of a wastewater treatment plant for the COPROCACB milk collection center of the Quimiag parish in the Riobamba canto of the Province of Chimborazo, where a methodology was applied in which the problem caused by the discharge of wastewater from the process of washing tanks and equipment used in the collection center was determined in situ, where a methodology was applied in which the problem caused by the discharge of wastewater from the process of washing tanks and equipment used in the collection center was known in situ, in the same way a flow rate of 2.30 L/s was determined for the selection and design of the treatment units, together with the analyses obtained in the physical-chemical and microbiological characterization of the wastewater, so that the results reflect the parameters that are not within the range established in the environmental quality and effluent water discharge standards, The treatment plant will consist of a homogenizing tank, a grease trap, a DAF aeration system and finally an anaerobic biodigester U. A. S. B. Finally, the treatment plant will be equipped with an anaerobic biodigester U. A. S. B., which will be used to treat the wastewater from the collection center. A.S.B. Finally, the effectiveness is determined by the percentage of elimination of the treatment units which guarantee a treated water that will be in the optimal ranges of the regulations for effluent discharges.

Key words; wastewater, treatment, flow, parameters, treatment units.

Reviewed by:



Firmado electrónicamente por:
**ANDREA
CRISTINA
RIVERA PUGLLA**

Lic. Andrea Rivera
ENGLISH PROFESSOR
C.C 0604464008

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria láctea genera cantidades significativas de residuos líquidos, mayormente leche diluida, leche separada, crema y suero, incluyendo grasas, aceites, sólidos suspendidos y nitrógeno. La descarga de éstos sin tratamiento previo se convierte en un foco contaminante. Los lavados contienen residuos alcalinos y químicos utilizados para remover la leche y los productos lácteos; así como materiales total o parcialmente caramelizados de los tanques, tambos, latas mantequeras, tinas, tuberías, bombas, salidas calientes y pisos

Las aguas residuales de los centros de acopio de leche cruda son generadas principalmente en los procesos de lavado de los tanques de almacenamiento y equipos utilizados para el análisis de leche cruda. Durante la realización de estos procesos de lavado, se vierten grandes cantidades de líquido residual a la quebrada Huayllacan efectuando una contaminación significativa al ecosistema que lo rodea, principalmente al ecosistema de agua y alterando las condiciones físicas-químicas del recurso hídrico, asimismo afecta a la población que depende de este recurso.

Debido a los numerosos centros de acopio de leche que hay en el Ecuador y el mundo, hay que considerar la variación en el tamaño de estas y en el tipo de productos que fabrican. En el centro de acopio COPROCACB (Corporación de producción comercialización agro industrialización agropecuaria acuacultura y agroturismo campesinos de Balcashi), registran un promedio diario de almacenamiento de 5000 litros. Los principales procesos en la industria láctea que producen residuos contaminantes son los procesos de producción de queso, crema y mantequilla, lavado de torres de secado y soluciones alcalinas de limpieza. Se estima que el suero producido en la elaboración de queso tiene una DBO del orden de 40000-50000 mg/L. Las aguas residuales de la industria láctea suelen ser neutras o ligeramente alcalinas, pero debido a la fermentación de la lactosa, tienden a acidificarse muy rápidamente, lo que produce ácido láctico, sobre todo en caso de falta de oxígeno, y al mismo tiempo ácido butírico, formado, causando que el valor del pH caiga a 4.5 – 5.0 La composición de esta agua incluye sustancias orgánicas disueltas como lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas y globulinas) con una DQO entre 2000 - 4000 mg/L y una DBO entre 2000 - 3000 mg/L. El consumo de agua en la industria láctea oscila entre 8.0 y 35 L/kg de leche (Bedoya, 2009).

En la presente investigación se pretende diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de acopio de leche COPROCACB ubicada en la parroquia Quimiag, cantón Riobamba, teniendo como finalidad reducir la concentración de contaminantes presentes, brindando una mejor calidad de agua para la quebrada Huayllacan, cumpliendo con los límites máximos permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce según lo establece el TULSMA en la tabla 12 de la normativa ambiental vigente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los principales contaminantes derivados de la actividad de procesamiento de leche son generalmente grasas, aceites, metales pesados y residuos de materia fecal. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) son parámetros de

diseño ampliamente usados que reflejan el contenido orgánico total que posee el efluente. En los efluentes agroindustriales, el contenido de materia orgánica medido como DBO y DQO es uno de los problemas principales que debe ser tomado en consideración para el diseño del sistema de tratamiento (Equipo Flowen, 2021).

El centro de acopio de leche de la empresa COPROCACB se encuentra ubicado en la parroquia Quimiag, no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, las descargas de la planta son desechadas directamente y sin ningún control a la quebrada Huayllacan, por ello ocasiona impactos negativos sobre el medio ambiente, también afecta a la población aledaña de Balcashi quienes utilizan el recurso hídrico para el riego de cultivos y pastizales.

El agua residual generada en el centro de Acopio COPROCACB son procedentes principalmente del lavado de los diferentes tanques e instrumentos utilizados para el almacenamiento de leche cruda, las cuales presentan grasas propias de la leche, como también agentes surfactantes del proceso de lavado y químicos utilizados durante de análisis de la leche, a su vez el centro de acopio al contar con una planta de tratamiento de aguas residuales recibiría un incremento en la remuneración por parte de la empresa encargada del procesamiento de leche cruda PARMALAT, lo que conlleva a dar solución a la siguiente interrogante, ¿cuál es el diseño apropiado de una planta de tratamiento de aguas residuales que garantice una remoción de contaminantes por la descarga de esta agua residual a la fuente hídricas del área rural de la parroquia Quimiag?.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación que se da en el recurso hídrico por las descargas de aguas residuales genera graves daños al ambiente y principalmente a los seres que allí se desarrollan, esto es ocasionado por las actividades antrópicas en las cuales se involucra principalmente este recurso.

Hoy en día el centro de acopio de leche COPROCACB genera aguas residuales las cuales son descargadas sin ningún tratamiento alguno, provocando daños al cuerpo de agua que recepta estos efluentes, por lo cual, tiene gran importancia la presente investigación que se centrará en el diseño de una planta de tratamiento.

Al conocer la problemática que presenta la zona de estudio, la presente investigación tiene el propósito de diseñar una planta de tratamientos de aguas residuales el mismo que brindará una mejora al descargar los efluentes al cuerpo de agua receptor ya que esta cumplirá con los límites máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua dulce establecidos en la normativa del TULSMA. Una planta de tratamiento de aguas residuales es un paso importante para que la empresa COPROCACB aspire a la obtención de Certificaciones Ambientales o Certificados Verdes, otra solución es la posibilidad de reutilizar el agua tratada para actividades como el riego de áreas cultivables.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de acopio de leche COPROCACB, parroquia Quimiag.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual generada en el centro de acopio de leche COPROCACB mediante la normativa del TULSMA.
- Seleccionar las unidades del proceso de la planta de tratamiento de aguas, mediante el caudal del efluente generado, para su respectivo dimensionamiento.
- Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes de cada unidad de proceso, y los costos de diseño.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son el resultado de las actividades domésticas, industriales, ganaderas, agrícolas, entre otras, en las que se utilice agua, ya sea para producción, manipulación o transformación, y donde se incluyen líquidos residuales, aguas de procesos y aguas de drenaje (Cajacuri, y otros, 2013).

2.1.1 Tipos de aguas residuales

Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** Son aguas que provienen de heces y orinas humanas, de la higiene personal, de la cocina y la limpieza de la casa. Estas aguas se caracterizan porque contienen grandes concentraciones de materia orgánica y microorganismos, también como restos de jabón, detergentes y grasas.
- **Aguas blancas:** Proviene de la atmósfera, del riego o de la limpieza de las calles, espacios públicos y parques. Se presentan en lugares donde la precipitación es muy común. Se descargan por separado para que no se saturen los sistemas de depuración.
- **Aguas residuales industriales:** Estas aguas provienen de los procesos y operaciones que realizan las fábricas y plantas industriales, estas contienen elementos como es el aceite, antibióticos, detergentes y ácidos; también contienen productos de origen animal, vegetal, químico y mineral. Dependiendo de las actividades que realicen las industrias su composición es variable.
- **Aguas residuales agrícolas:** Son procedentes de las actividades agrícolas en las zonas rurales. En cuanto a su origen, estas aguas suelen ser de origen urbano, que en muchos lugares se utilizan para el riego agrícola, con o sin tratamiento previo (Maya, 2017).

2.1.2 Características de las aguas residuales

El conocimiento de la composición de las aguas residuales es fundamental para visualizar con claridad el papel de los microorganismos en los procesos de depuración biológica. Este tiene propiedades físicas como color, olor, temperatura y contenido de sólidos, propiedades químicas como compuestos orgánicos e inorgánicos y propiedades biológicas que incluyen organismos como plantas, algas, animales, protozoos, hongos, bacterias y virus.

Si además se quiere reutilizar el agua, la normativa exige la eliminación de metales pesados, tensioactivos, pesticidas, fenoles y sólidos inorgánicos disueltos, dependiendo de su concentración se puede decir que el agua es débil, media o alta, pero tales elementos y sus concentraciones pueden variar con las condiciones locales; además, no hay que olvidar que cada agua residual es única y por tanto, dependiendo de su origen, se debe tener en cuenta su caracterización y tratamiento (González, 2012).

2.1.2.1 Características Físicas

- **Sólidos Totales:** Es la suma de sólidos suspendidos totales, de las sales disueltas y de la materia orgánica (Barrera, 2014).
- **Sólidos Suspendidos Totales:** Representa al peso total de aquellos residuos presentes en una muestra de agua una vez evaporada a temperatura que oscila entre los 100 – 105°C (Torres & Lozano, 2017).
- **Temperatura:** La temperatura de las aguas residuales es un parámetro muy importante debido a su efecto sobre la vida acuática, sobre las reacciones químicas y las velocidades de reacción, y sobre la utilización del agua para fines útiles. La temperatura del agua residual suele ser siempre superior a la del agua de entrada, debido principalmente a la integración del agua caliente de las viviendas y los diferentes usos industriales (Ruíz, 2014).
- **Turbiedad:** La turbidez como medida de la transmisión de luz del agua es otro parámetro utilizado para indicar la calidad de las aguas descargadas o aguas naturales en términos de materia coloidal y residual en suspensión. La medida de la turbidez se realiza mediante una comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en las mismas condiciones en una suspensión de referencia (Valencia, 2014).
- **pH:** Es la cantidad de iones H⁺ disueltos en un medio acuoso; este parámetro muestra la acidez o basicidad de una solución. Esta medida está directamente relacionada con la temperatura (García, 2010).
- **Aceites y grasas:** Son compuestos orgánicos derivados principalmente de plantas y animales, y se forman de los ácidos grasos que estos poseen. También son composiciones de lípidos que al ser mezcladas con el agua dan paso a la formación de natas y espumas (Toapanta, 2009).

2.1.2.2 Características Químicas

- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅):** Se muestra la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua. Es un parámetro de determinación rápida que es importante para los estudios de flujo de ríos, desechos industriales y control de instalaciones de desechos (Carswell, 2016).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro químico que es una medida de toda la materia orgánica e inorgánica en solución y/o en el aire que puede oxidarse químicamente por exposición a agentes oxidantes en condiciones ácidas y se mide como miligramos de "oxígeno" equivalente a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de solución (Ramírez, 2008).
- **Proteínas:** La materia orgánica está constituida alrededor entre el 40 - 50% de proteínas, y esta proporciona gran parte de los nutrientes a las bacterias. Cerca del 50 - 60% de las proteínas están presentes en las aguas residuales, mientras que un 20 – 30% de estas son sedimentables en el líquido residual (Alcántara, 2019).
- **Carbohidratos:** Están conformados principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno; entre ellos están incluidos los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera. Existen carbohidratos que son solubles en el agua como los azúcares, y los insolubles como lo es el almidón (Garzón & Espino, 2020).

- **Surfactantes:** Son moléculas grandes que tienen un grupo muy hidrofóbico en un extremo y un grupo muy hidrofílico en el otro. Estos compuestos provienen de los procesos de lavado y limpieza. Es un surfactante que abate la tensión superficial y que, además, forma agregados coloidales, ya sean cristales líquidos o micelas, en presencia de cantidades variables de agua (Díaz, 2018).
- **Nitrógeno:** Las nociones nitrógeno y fósforo son esenciales para el acrecentamiento de protistas y plantas, sensatez por la cual reciben la nombradía de nutrientes o bioestimuladores, no obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en el conjunto de los casos, las principales nociones nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente central para el esquema de proteínas (Ruíz, 2014).
- **Fósforo:** El fósforo incluso es cardinal para el aumento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen empleo nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe en gran medida curiosidad en impedir el dígito de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por entorno de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales (Valencia, 2014).

2.1.2.3 Características Biológicas

- **Coliformes Fecales:** Son un grupo de bacterias que soportan temperaturas entre los 44 y 45°C, son indicadores de la calidad del agua y se las conocen también como termotolerantes. En las aguas mayormente el género *Escherichia coli* es el que más abunda y esta bacteria está presente en grandes concentraciones de heces humanas y animales (Hach, 2000).
- **Coliformes Totales:** Se encuentran generalmente en el suelo y en agua dulce. Estos incluyen especies tanto fecales como ambientales y se desarrollan en ambientes con temperatura que oscilan entre los 35 y 37°C. Entre los microorganismos más comunes están los bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes (Hach, 2000).

2.2 Industria Láctea

La principal materia prima que obtiene la industria láctea es la leche que deriva de los diferentes ganados vacuno, su diversidad de productos que lanza al mercado ha mejorado la calidad de vida de la población; ya sean niños, adolescentes, adultos o inclusive ancianos. Esta industria ha considerado que para mejorar su producción en el ámbito de la higiene y las leyes alimentarias distintos países han intentado regular los procesos y los productos.

Hoy en día hay que considerar que los costos juegan un papel importante en la competitividad de las empresas que se dedican a la elaboración de productos lácteos, por lo que se debe optimizar y reducir la pérdida de subproductos brindándole un tratamiento y reutilizarlos en la cadena de procesos (Sánchez, 2009).

En los últimos años la industria láctea ha tenido un impulso significativo en la economía mundial, lanzando diversos tipos de productos alimenticios como lo son la leche orgánica, yogures, quesos, entre otros. La publicidad y las redes que se enlazan con la oferta de estos productos le han permitido al consumidor acercarse aún más para la obtención de

estos, y le ha ayudado a la industria mejorar e innovar nuevas técnicas y métodos para aumentar su sistema de producción (León & Vega, 2006).

Los productos lácteos se elaboran a partir de varios procesos u operaciones unitarias, los mismos que requieren de un control de calidad adecuado, establecidas con análisis físico-químico y microbiológico, para afianzar la calidad del producto y que sea apto para su posterior consumo (FAO, 2011).

2.2.1 Proceso de recolección de leche cruda

Durante el proceso de recolección de la leche cruda en los centros de acopio, la leche sale de las ubres de la vaca en el desarrollo de ordenamiento a una temperatura aproximada de 32°C, por lo cual, es necesario que esta temperatura se disminuya significativamente hasta llegar a los 4°C y poder introducirse a la planta procesadora en buenas condiciones. A esta temperatura las bacterias proliferan de manera pausada manteniendo un tiempo entre las 48 y 72 horas conservando su calidad, una vez mantenido este tiempo la leche puede pasar a otros procesos que le propician una vida más beneficiosa. En las grandes fincas lecheras el ordenamiento se lo hace de manera mecánica y con un número aproximado que abarque las 100 y 200 vacas.

La leche tiene que pasar de la tubería para sistema de ordeño a una enfriadora de platos donde la leche caliente y agua tiene que estar a una temperatura entre 2 y 3°C, pasando luego a contracorriente. La temperatura de la leche debe bajar hasta los 4°C entre 1 y 2 minutos máximo pasando después a un tanque de refrigeración que mantendrá aquella temperatura. La planta procesadora expide camiones o tanques refrigerados que son los encargados de retirar la leche. Antes de realizar el bombeo, el conductor debe realizar un control inmediato de la calidad de la leche donde se debe analizar la grasa porcentual, la adulteración del agua presente en la leche y la acidez ocasionada por número de bacterias presentes. En las medianas fincas lecheras, que cuenten entre 30 y 80 vacas, se puede enfriar con menor inversión los tanques de enfriamiento directo.

El equipo de enfriamiento debe reducir la temperatura de la leche hasta los 10°C en menos de 1 hora y media y a 4°C 1 hora después. Al momento de adicionar leche, la temperatura de la leche almacenada no debe ser superior a los 10°C. El camión encargado de retirar la leche debe hacerlo cada 1 ó 2 días. En las fincas lecheras pequeñas que albergan entre 10 y 25 vacas, las personas encargadas de recolectarla tienen la potestad de establecer un centro de acopio con el fin de trabajar en conjunto con la comunidad. “El equipo incluye una balanza de recepción, una enfriadora de platos un tanque de aguas fría entre 1 y 2°C, un equipo de refrigeración del agua, un tanque para recibir la leche fría y un generador de emergencia”. Antes de realizar la recepción, el personal encargado tiene la obligación de realizar el control de calidad de la leche que va a recibir, si esta no cumple con los estándares establecidos en la normativa es rechazada.

El camión tanque debe recoger la leche de acuerdo con el plan establecido fijo. “El mantenimiento que se le propicia al centro de acopio debe ser sustentado económicamente con el ahorro del transporte de cada productor a la planta y la seguridad de la calidad de la leche” (Centros de Acopio de Leche en el Estado de Chihuahua, 2008).

2.2.2 Aguas residuales lácteas

La industria láctea produce cantidades significativas de residuos líquidos, en su mayoría diluidos, separados, crema y suero, así como grasas, aceites, sólidos en suspensión y nitrógeno. La eliminación de estos sin tratamiento previo se convierte en una fuente contaminante. Los lavados contienen residuos alcalinos y químicos utilizados para remover leche y productos lácteos, así como materiales que han sido total o parcialmente moldeados o rellenados, tales como tanques, tambos, mantequeras, tinas, tuberías, bombas, salidas calientes y pisos (Valencia & Ramírez, 2009)

2.2.3 Origen de las aguas residuales lácteas

Las aguas residuales que se generan en una corporación láctea se pueden catalogar en dos usos de focos de generación: procesos y limpieza en el cual se realiza el aseo de superficies, tuberías, tanques, equipos, pérdidas de producto, lactosuero y fermentos que vierten pH extremos con altos contenidos orgánicos, aceites y grasas incluso de sólidos.

El uso de aguas residuales tratadas permite la valorización de los residuos líquidos que son eliminados por los sistemas de tratamiento existentes (estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas y rurales y emisarios submarinos) y que podrían recuperarse en su totalidad.

Actualmente existe tecnología para tratar el agua y dejarla en tal calidad que luego pueda ser utilizada tanto para producción como para abastecimiento o mitigación de situaciones de estrés hídrico (Fundación Chile, 2016).

2.2.4 Impacto ambiental que generan las aguas residuales lácteas

La producción láctea en muchas empresas debe tener una responsabilidad con el medio ambiente y la salud de todos los individuos que la rodean, ya sea de manera directa o indirecta, debido que estas generan continuamente un impacto negativo tanto en el suelo, aire, agua, flora y fauna que los rodea (Alfaro, 2013). La industria que se dedica a la elaboración de productos alimenticios es una de las actividades que causa un mayor impacto sobre el medio ambiente, ya sea a través de sus procesos de producción como por su distribución. La generación de las aguas residuales produce enormes cantidades y concentraciones de sustancias contaminantes en el agua, todas estas procedentes de los procesos industriales, teniendo como característica principal la presencia de materia orgánica.

En la Tabla 1, se detalla el nivel de contaminación que genera la industria láctea en el medio ambiente en el Ecuador y América Latina.

Tabla 1

Tipo de contaminación en la industria láctea

Tipo de contaminación en la industria láctea			
Contaminación atmosférica por empresa (Ton/h)	Residuos sólidos por empresa	Residuos tóxicos y atmosféricos	Efluentes líquidos por empresa

		(Ton/día)	por empresa	(m ³ /día)
Ecuador	65	80 a 100	Baja	80000 a 150000
América Latina	2000	900 a 1.000	Alta	500000 a 1000000

Nota: Cantidad de contaminantes que generan las empresas lácteas diariamente en el Ecuador y América Latina.

Uno de los grandes problemas que trae al medio ambiente la industria láctea al procesar sus productos, principalmente la leche, es la generación de efluentes de aguas residuales, este proceso genera grandes volúmenes de residuos líquidos y sólidos que afectan al ecosistema (Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana, 1999).

Las sustancias que destacan en la elaboración de alimentos lácteos tienen un elevado contenido de aminoácidos y proteínas en alto peso molecular, que son difícilmente de reciclar debido al elevado costo económico que se emplea en su procesamiento, asimismo, la fabricación de los alimentos procedentes de la leche produce grandes cantidades de residuos lácteos contaminantes (Martín, 2010).

2.3 Caudal

El caudal es un parámetro fundamental e indispensable para elaborar el diseño de una planta de tratamientos de agua residual ya que este es un volumen por unidad de tiempo este efluente puede ser de una población o de distintas industrias (Equipo Flowen, 2021).

2.3.1 Medición de caudal

Según (Caicedo, 2006), para lograr una medición correcta del caudal existen varias formas y métodos con las cuales se pueden medir estas pueden ser:

- Método de flotador: este método emplea un dispositivo que flota en el cauce lo cual ayuda a conseguir los datos de velocidad, al enviar el dispositivo en un tramo seleccionado del cauce de esta manera calculando el largo y ancho del mismo para finalmente aplicar en ecuaciones los datos recolectados y tener un valor del caudal.
- Método volumétrico: por lo general este método se utiliza en caudales pequeños, se utiliza un recipiente se realiza para recoger el agua y de esta manera se toma el tiempo que transcurre al llenarse el recipiente y su cálculo se realiza dividiendo el volumen entre el tiempo tomado.
- Método de trayectoria: es un método que se utiliza mayormente para tuberías o efluentes suministrados por una bomba, la trayectoria consiste en dos elementos x e y con estos datos se puede realizar el cálculo y estimar el caudal que se requiere.

2.4 Tratamiento de aguas residuales

Los procesos de tratamiento de aguas residuales pueden ser de diferentes tipos como son físicos, químicos y biológicos tienen el fin de reducir o eliminar la mayor cantidad de contaminantes presentes en el agua residual por anticipado para su descarga en un cuerpo de agua dulce (Chávez, 2014).

Previo al tratamiento es necesario tener presente la caracterización del agua residual, de esta manera se precisa los distintos indicadores de contaminación con las cuales se busca obtener un juicio más claro para el tratamiento idóneo a aplicarse con el fin de cumplir los parámetros que están establecidos en la normativa del TULSMA (Rojas, 2017).

2.4.1 Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradación nos permite saber si la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales es biodegradable o no, y si existen sustancias no biodegradables o de biodegradación lenta, que presentan limitaciones al proceso de tratamiento biológico de las aguas residuales, por lo que será necesario incorporar plantas de tratamiento basadas en mecanismos fisicoquímicos (Rojas, 2017).

2.4.2 Pretratamientos

Los pretratamientos ayudan al acondicionamiento del agua residual antes de ser tratada, en esta fase se pueden reducir sólidos suspensión el agua residual, así como se puede regular el pH, el caudal con ello el tratamiento del efluente será más efectiva.

Existen diferentes procesos que se pueden aplicar en la fase de pretratamiento como lo son:

- Cribado: este proceso se utiliza para reducir una cantidad de sólidos en suspensión que presentan diferentes tamaños, esta función dependerá del uso de rejillas y el tamaño de estas.
- Homogenización: este proceso tiene como fin brindar un caudal constante y equilibrado de esta manera evita fallas en los diferentes procesos que empleen el tratamiento, estos tanques de homogenización mezclan las diferentes corrientes de los efluentes y de esta manera es un proceso fundamental para el tratamiento de aguas residuales.
- Desengrasado: el proceso que ayuda a la reducción de grasas presentes en el agua residual, esto se puede realizar con una trampa de grasas el cual es muy importante dentro del proceso de pretratamiento de los efluentes (Ramalho, 1996).

2.4.3 Tratamientos Primarios

Los tratamientos primarios son aquellos que tiene como función eliminar o reducir la mayor cantidad de partículas en suspensión que se encuentran en el agua residual, se distinguen por que se emplean distintas operaciones unitarias fisicoquímicas, sin embargo, partículas coloidales no serán removidas con estos tratamientos (MINAM, 2009).

Generalmente estos tratamientos presentan un porcentaje de reducción del material en suspensión de 60 a 70% y así también pueden reducir un 30% la Demanda Bioquímica de Oxígeno orgánico que tiene la posibilidad de asentarse (Loo, 2019).

Según (Rojas, 2017) en el tratamiento primario se pueden requerir de varios procedimientos que permiten acelerar el proceso como lo son:

- Flotación
- Floculación
- Coagulación
- Sedimentación

2.4.4 Tratamientos Secundarios

Los tratamientos secundarios tienen por objetivo la reducción de la mayor cantidad de contaminantes orgánicos que esta disuelta en el efluente, con la aplicación de tratamientos biológicos se espera obtener una mayor eficacia para remoción de estos contaminantes. Estos procedimientos pueden ser efectuados con los diferentes métodos como puede ser anaerobio o anaerobia (Loo, 2019).

Según (MINAM, 2009) la eficacia de estos procesos puede ser de 50% a 95% de remoción de la DBO, los procesos más utilizados son:

- Biofiltros o filtración biológica
- Lodos activados, estos pueden ser convencionales o aireación extendida.
- Lagunas de estabilización como las facultativas y aireadas

2.4.5 Tratamientos Terciarios

Los tratamientos terciarios son empleados según la finalidad que se desee dar al agua tratada, tiene por meta la remoción de la DBO, metales pesados y la erradicación de paracitos y patógenos (Loo, 2019).

Esencialmente los tratamientos terciarios se emplean para una descarga correcta de las aguas residuales, con lo cual se evita la eutrofización y el incremento desproporcionado de algas en los distintos cuerpos de agua dulce en las cuales son descargadas, por lo que se genera un consumo desmedido de oxígeno disuelto lo que desencadena una serie de impactos sobre la vida acuática de los cuerpos de agua dulce que recepta estas aguas residuales. El agua tratada por procesos terciarios puede ser utilizada en distintos ámbitos como puede ser el agrícola, industrial o potable (MINAM, 2009).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

La investigación aplicada es de campo, realizada mediante observación directa del proceso de recepción de leche y lavado de equipos que se ejecuta en el centro de acopio COPROCAB, así como la recolección de muestras de aguas para análisis tanto in situ como de laboratorio. Este tipo de investigación se realiza en el lugar en el cual se suscita el problema o a su vez el investigador recopila la información necesaria directa de la fuente (Sampieri, 2014).

La información recolectada para este estudio es de tipo cualitativo y cuantitativa, conociendo y describiendo la zona de descarga del efluente y determinando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para conocer el estado actual de calidad del agua antes de ser descargado a la quebrada Huayllacan, respectivamente. Se utiliza diversas herramientas informáticas, de cálculo y de diseño para el procesamiento de datos y así obtener los resultados.

3.2 Población

El centro de acopio de leche COPROCACB se encuentra ubicado en la comunidad Balcashi, parroquia Quimiag, cantón Riobamba en las coordenadas 770506.86 m E y 9812721.89 m S.

La empresa se encarga de almacenar 5000 litros aproximadamente de leche cruda cada día, en donde las diferentes operaciones como la recolección, análisis y lavado de los tanques de almacenamiento son efectuados por el personal de la microempresa, posterior a esto la materia prima es enviada a la empresa de procesamiento de leche cruda PARMALAT.

3.3 Muestra

El efluente que se produce en el centro de acopio COPROCACB se origina de los residuos generados en el proceso de lavado de los tanques de almacenamiento y equipos de análisis de leche cruda, para lo cual se tomaron tres muestras de agua de descarga para análisis en laboratorio, estas muestras son compuestas, tomadas en el mismo punto de muestreo y en dos diferentes tiempos (Reutelshöfer & Bejarano, 2015).

Para la recolección de las tres muestras se acudió al lugar de recepción y lavado de la leche y se llenó el envase plástico de 1 L aproximadamente durante 20 segundos, este proceso se repitió tres veces en tres días diferentes, luego se homogeneizaron las tres muestras y fueron llevadas al Laboratorio de Servicios Ambientales ubicado en la Universidad Nacional de Chimborazo vía a Guano para realizar los respectivos análisis físico, químicos y microbiológicos.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 Caracterización del agua residual

Para realizar la caracterización de las aguas residuales originadas del centro de acopio de leche COPROCACB, se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Materiales

- Envases plásticos de 1L.
- Libreta de apuntes.
- Pipetas de 1 y 10 mL.
- Vasos de precipitación de 10, 50 y 100 mL.
- Probetas de 10 y 50 mL.
- Matraz de Erlenmeyer de 50 mL.
- Crisol de 30 g.
- Matraz aforado de 10 y 100 mL.
- Soporte universal.
- Pinza para crisol.
- Cono Imhoff.
- Frascos Winkler.
- Celdas de vidrio de 10 y 25 mL.
- Pera de succión de tres vías

Equipos

- Espectrofotómetro visible DR 5000
- pH-metro
- Multiparámetro HACH HQ40d
- Estufa
- Balanza analítica

Los análisis se los realizaron en el laboratorio de Ciencias Químicas ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Siguiendo el Manual de Análisis de Agua HACH se determina cada parámetro, los cuales se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Metodología HACH

Análisis	Parámetros	Unidades	Norma	Método
Físico-Químico	Aceites y grasas	(mg/L)	EPA 418.1	Gravimétrico
	Cloruros	(mg/L)	STÁNDAR 500-CI-B-METHODS	Volumétrico
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	(mgO ₂ /L)	STÁNDAR 5210-B-METHODS	Respirométrico
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L)	STÁNDAR 5220-D-moodMETHODS	Fotométrico Reflujo cerrado

	Fosforo total	(mg/L)	STÁNDAR 4500-N-E mod METHODS	Fotométrico
	Nitratos + Nitritos	(mg/L)	STÁNDAR 4500- P-E mod METHODS	Fotométrico
	Potencial de Hidrógeno (pH)	(7-12)	STÁNDAR 4500- H- b- METHODS	Potenciométrico
	Sólidos Sedimentables	(mg/L)	STÁNDAR 2540-F- METHODS	Volumétrico
	Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	STÁNDAR 2540-D- METHODS	Gravimétrico
	Sólidos Totales	(mg/L)	STÁNDAR 2540-D- METHODS	Gravimétrico
	Temperatura	°C	-----	Potenciométrico
	Conductividad	(ms/cm)	STÁNDAR 2510-B- METHODS	Potenciométrico
	Turbidez	(NTU)	STÁNDAR 2130-B- METHODS	Nefelométrico
	Dureza	(mg/L)	Método 2340 C	Volumétrico
	Oxígeno disuelto	(mg/L)	-----	Potenciométrico
Microbiológico	Coliformes Fecales	(Nmp/100ml)	Estándar total coliform membrane filter procedure	

Fuente: (Hach Company, 2000)

3.4.2 Determinación de Caudal

El caudal se considera como un parámetro fundamental dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales, con este se realiza el dimensionamiento de las diferentes unidades de tratamiento.

Por lo tanto, la determinación del caudal se realizó en la zona de descarga del agua residual provenientes de la recepción de leche y lavado de los tanques utilizados para el almacenamiento de la leche cruda, mediante el método volumétrico (Alvarado, 2017). En donde se utiliza materiales como:

- Un recipiente de plástico con capacidad de medida con unidades volumétricas.
- Cronómetro.

Para el procedimiento del método volumétrico se colocó el balde plástico de 5 L sobre una superficie que no presenta desniveles, con un ángulo de 90° respecto al caudal de descarga del agua residual, se tomó el tiempo con ayuda de un cronómetro con respecto al llenado del

recipiente, para lo cual, se midió dos veces al día en tres días diferentes de la misma semana, determinando un valor promedio del caudal, aplicando la Ecuación 1:

$$Q(\text{Caudal en L/s}) = \frac{V (\text{Volumen en litros})}{t (\text{tiempo en segundos})} \quad \text{Ecuación 1}$$

3.5 Selección y dimensionamiento de la planta de tratamiento

Para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento se tomaron en cuenta los parámetros de los respectivos resultados de la caracterización físico, químicos y microbiológicos de los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas del efluente del centro de acopio COPROCACB, asimismo para la determinación del sistema de tratamiento se hizo la relación DBO₅/DQO aplicada por (Ardilla, 2015) la cual titula “Mineralización de Etilenglicol por Foto-Fenton Asistido con Ferrioxalato” para determinar si es un tratamiento físico-químico, microbiológico o mixto el cual se detalla en la Ecuación 2:

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO} \quad \text{Ecuación 2}$$

Tabla 3
Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO₅/DQO

DBO₅/DQO	Carácter
>0.8	Muy biodegradable
0.7 – 0.8	Biodegradable
0.3 – 0.7	Poco biodegradable
<0.3	No biodegradable

Fuente: (Ardila, 2012)

La Tabla 3 representa los criterios de biodegradabilidad en la relación DBO₅/DQO, sus valores van desde mayor de 0.8 hasta menor de 0.3. El agua residual que se genera en el centro de acopio COPROCACB es poco biodegradable, es decir, se deben implementar tratamientos tanto físico-químico como microbiológico.

Bajo las condiciones determinadas en la relación de biodegradabilidad los tratamientos seleccionados considerados más eficientes para el tratamiento del efluente, y tomando en cuenta los costos de los equipos y las necesidades de la empresa para tratar el agua residual, son:

- Tanque Homogeneizador - Sedimentador
- Trampa de grasas
- Sistema DAF
- Reactor U.A.S.B.

3.5.1 Tanque Homogeneizador

Para el diseño del tanque homogeneizador se utilizó la metodología aplicada por (Cajas, 2014) denominada “Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Centro de Salud N°2 en la ciudad de Ambato-Provincia de Tungurahua” en la cual detalla mediante criterios y uso de la Ecuación 3 para el dimensionamiento del tanque.

3.5.1.1 Área del Tanque Homogeneizador

$$A = \frac{Q * t}{h} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/h)

t: Tiempo de descarga (h)

h: Altura (m)

Para el tiempo de descarga (t) se utilizó el tiempo estimado por el autor que fue de 1 hora y para la altura (h) el valor que usó fue de 2 metros.

3.5.1.2 Diámetro del Tanque Homogeneizador

Para el cálculo de este parámetro se utilizó la Ecuación 4:

$$\varnothing = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Ø: Diámetro (m)

A: Área del tanque homogeneizador (m)

Π: Número irracional (3.1416)

3.5.1.3 Radio del Tanque Homogeneizador

Se determinó utilizando la Ecuación 5:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

r: Radio (m)

A: Área (m²)

Π: Número irracional (3.1416)

3.5.1.4 Volumen del Tanque Homogeneizador

Se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$V = A * h \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

V: Volumen del tanque (m³)

A: Área del tanque (m²)

h: Altura del tanque (m)

3.5.2 Trampa de grasas

Para el diseño de la trampa de grasas se utilizó la metodología aplicada por (Espinoza, 2020) titulada “Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodos Activos para la Comunidad de Paquiestancia”, de la cual se tomaron criterios y ecuaciones los cuales fueron los siguientes:

3.5.2.1 Volumen para la trampa de grasas y aceites

$$V_{\text{trampa grasa}} = t_v * 2C_{\text{GYA}} * Q \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$V_{\text{trampa grasa}}$: Volumen para la trampa de grasa (m^3)

t_v : Tiempo de vaciado de la trampa de grasa (día)

C_{GYA} : Concentración de grasas y aceites (mg/L)

Para el tiempo de vaciado de la trampa de grasas se tomó un tiempo estimado de 30 días.

3.5.2.2 Relaciones de tamaño

$$L = 2a = 3h$$

3.5.2.3 Dimensionamiento

$$V_{\text{trampa grasa}} = o * m * n \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

m: $2/3$ h

n: $2/3$ h

o: a

Donde:

m: altura de la trampa de grasa (m)

n: longitud de la trampa de grasa (m)

o: ancho de la trampa de grasa (m)

a: ancho del tanque de la trampa de grasa (m)

h: altura del tanque de la trampa de grasa (m)

L: longitud del tanque de la trampa de grasa (m)

3.5.3 Sistema DAF

3.5.3.1 Cálculo de Parámetros de Diseño del Sistema de Flotación por Aire Disuelto

Para el desarrollo del diseño del Sistema DAF se utilizó la metodología aplicada por (Aguilar, 2014) el cual denomina a su proyecto como “Diseño de un Sistema de Flotación por Aire Disuelto (F.A.D) para mejorar la calidad del agua residual de la industria láctea El Ordeño y La CORPABE”, del mismo que se tomaron criterios y fórmulas para su dimensionamiento.

3.5.3.1.1 Caudal recirculado presurizado

El caudal presurizado se calcula con base al porcentaje de reciclo, según los criterios de condiciones óptimas para el cálculo de los parámetros de diseño del sistema de Flotación por Aire Disuelto.

$$Q_R = Q * \% R \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

Q_R : Caudal reciclado presurizado (L/s)

Q : Caudal de ingreso al sistema de flotación (L/s)

R : Porcentaje de reciclo (%)

3.5.3.1.2 Solubilidad del aire

La solubilidad de saturación del aire a la presión de operación del tanque igual a 50 PSI (3123.59 mmHg) y con una presión de vapor del agua a 15 °C igual a 12.8 mmHg se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$C_T = C * \frac{P_T - P_v}{760 - P_v} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

C_T : Solubilidad del aire en agua, a la presión absoluta (mL de aire /L de agua)

C : Solubilidad del aire en agua, a presión de una atmósfera (mL de aire/L de agua)

P_T : Presión absoluta del aire (mmHg)

P_v : Presión de vapor de agua (mmHg)

Para la solubilidad de saturación del aire a la presión local atmosférica de Quimiag igual a 10.210 PSI (528 mmHg) se utilizó la siguiente ecuación:

$$C_L = C * \frac{P_L - P_v}{760 - P_v} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

C_L : Solubilidad del aire en agua, a la presión absoluta P_L (mL de aire/L de agua)

C : Solubilidad del aire en agua, a presión de una atmósfera (mL de aire/L de agua)

P_L : Presión local atmosférica (mmHg)

P_v : Presión de vapor del agua (mmHg)

3.5.3.1.3 Cantidad de aire liberado

La cantidad de aire liberado en el tanque de flotación se calculó a partir de la diferencia de solubilidades según la siguiente ecuación:

$$C_T - C_L = C * \frac{f * P_T - P_v - P_L - P_v}{760 - P_v} \quad \text{Ecuación 12}$$

3.5.3.1.4 Relación aire/sólidos (A/S)

Para determinar el valor de A/S se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\frac{A}{S} = \frac{C * d * Q_R * f * P_T - P_v - P_L - P_v}{S_o * Q * 760 - P_v} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

C: Solubilidad de saturación del aire a una atmósfera (mL/L)

D: Densidad del aire a las condiciones del problema (mg/L)

f: Fracción del aire disuelto a la presión absoluta de operación

PT: Presión absoluta de operación (mmHg)

PV: Presión de vapor del agua a la temperatura de operación (mmHg)

PL: Presión local atmosférica (mmHg)

S_o: Concentración de sólidos suspendidos del afluente (mg/L)

QR: Caudal recirculado pressurizado (L/s)

Q: Caudal de ingreso al sistema de flotación (L/s)

Además, se requieren de condiciones determinadas a una temperatura de 15 °C detalladas en la Tabla 4 y la Tabla 5.

Tabla 4

Densidad del aire a 1 atmósfera

Temperatura (°C)	Densidad (mg/L)
0	1.293
2	1.284
4	1.274
5	1.270
6	1.265
8	1.256
10	1.247
12	1.238
14	1.230
15	1.226
16	1.221
18	1.213
20	1.205
22	1.196
24	1.188
25	1.184
26	1.180

28	1.173
30	1.165
35	1.146
40	1.127

Fuente: (Aguilar, 2014)

Tabla 5

Presión de vapor de agua

Temperatura (°C)	Presión de vapor (mmHg)
0	4.6
2	5.3
4	6.2
6	7.1
8	8.2
10	9.2
12	10.7
14	12.1
15	12.8
16	13.6
18	15.2
20	17.6
22	20.0
24	22.7
25	23.8
26	25.4
28	27.8
30	31.8
40	55.4

Fuente: (Aguilar, 2014)

3.5.3.1.5 Cantidad de lodo producido

El lodo producido por los sólidos suspendidos contenidos en el efluente se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$m_{\text{lodos}} = S_o - S_T * Q \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

m_{lodos} : Cantidad de lodos producidos (Kg/h)

S_o: Concentración de sólidos suspendidos a la entrada (mg/L)

S_f: Concentración de sólidos suspendidos en la salida (mg/L)

Q: Caudal de ingreso al sistema de flotación (L/h)

3.5.3.2 Dimensionamiento del Tanque de Flotación del Sistema de Flotación por Aire Disuelto

3.5.3.2.1 Área superficial del tanque de flotación

El área superficial del tanque de flotación se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$A_S = \frac{Q + Q_R}{C_S} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

A_S: Área superficial del tanque de flotación (m²)

Q: Caudal de ingreso al sistema de flotación (m³/día)

Q_R: Caudal recirculado presurizado (m³/día)

C_S: Carga superficial (m³/m²*día)

Un valor asumido dentro de los criterios para el cálculo de los parámetros del diseño del sistema de Flotación por Aire Disuelto fue el de la carga superficial con un valor de 120 m³/m²*día que permite el cálculo del área del tanque de flotación.

3.5.3.2.2 Volumen del tanque de flotación (prisma rectangular)

Para el volumen del prisma rectangular se consideró un tiempo de retención de 30 minutos y un factor de seguridad de 1,35. Los cálculos se detallan en la siguiente ecuación:

$$V_{\text{prisma}} = (Q + Q_R) * t_{\text{flot}} * f \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

V_{prisma}: Volumen del prisma rectangular (m³)

Q: Caudal recirculado presurizado (m³/día)

Q_R: Caudal de ingreso al sistema de flotación (m³/día)

t_{flot}: Tiempo de retención en el tanque de flotación (día)

3.5.3.2.3 Ancho del tanque de flotación (prisma rectangular)

Una vez obtenido el volumen y el área superficial del tanque, el ancho del prisma rectangular se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$A_{\text{prisma}} = \frac{V_{\text{prisma}}}{A_S} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

A_{prisma}: Ancho del prisma rectangular (m)

V_{prisma}: Volumen del prisma rectangular (m³)

A_S: Área superficial del tanque de flotación (m²)

3.5.3.2.4 Largo del tanque de flotación (prisma rectangular)

Para calcular el largo del prisma rectangular se consideró la altura máxima del tanque de 1,2 m, y para el diseño se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_{\text{prisma}} = A_{\text{prisma}} * H_{\text{prisma}} * L_{\text{prisma}} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- L_{prisma} : Largo del prisma rectangular (m)
- A_{prisma} : Ancho del prisma rectangular (m)
- V_{prisma} : Volumen del prisma rectangular (m^3)
- H_{prisma} : Altura del prisma rectangular (m)

3.5.3.2.5 Volumen del tanque de flotación (pirámide rectangular)

Para calcular el volumen de la pirámide rectangular se consideró la altura de 0.60 m para su dimensionamiento, y para su diseño se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_{\text{pirámide}} = \frac{A_{\text{base}} * h_{\text{pirámide}}}{3} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

- $V_{\text{pirámide}}$: Volumen de la pirámide rectangular (m^3)
- A_{base} : Área de la base (m^2)
- $H_{\text{pirámide}}$: Altura (m)

3.5.3.2.6 Volumen del tanque de flotación

El volumen total del tanque de flotación se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$V_{\text{flot}} = V_{\text{prisma}} + V_{\text{pirámide}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

- V_{flot} : Volumen total del tanque de flotación (m^3)
- V_{prisma} : Volumen del prisma rectangular (m^3)
- $V_{\text{pirámide}}$: Volumen de la pirámide rectangular (m^3)

3.5.3.3 Dimensionamiento del Tanque de Presurización del Sistema de Flotación por Aire Disuelto

3.5.3.3.1 Volumen del tanque de presurización

El volumen del tanque de presurización que depende del caudal de recirculación y el tiempo de retención en el tanque, se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$V_{\text{pres}} = Q_R * t_{\text{pres}} * f \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- V_{pres} : Volumen del tanque de presurización (m^3)
- Q_R : Caudal recirculado presurizado (L/s)
- t_{pres} : Tiempo de retención en el tanque de presurización (s)
- f : Factor de seguridad

3.5.3.3.2 Altura del tanque de presurización

Se consideró un diámetro del tanque de presurización igual a 0.60 m. En la siguiente ecuación se detalla el respectivo cálculo:

$$V_{\text{pres}} = \Pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

V_{pres} : Volumen del tanque de presurización (m^3)

r: Radio del tanque de presurización (m)

h: Altura del tanque de presurización (m)

3.5.4 Reactor U.A.S.B.

Para realizar el diseño del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente o U.A.S.B. (con sus siglas en inglés: Upflow Anaerobic Sludge Blanket) se utilizó la metodología aplicada por (Caicedo, 2006) denominada “Diseño, Construcción y Arranque de un Reactor U.A.S.B. Piloto para el Tratamiento de Lixiviados”, de la cual se tomaron criterios y ecuaciones para su desarrollo.

Para el diseño de este reactor se lo realizó de forma cilíndrica, ya que este tiene más ventajas hidrodinámicas en comparación con la forma rectangular, por ejemplo, tiene menor posibilidades de formación de zonas muertas, ocupa menor volumen, menor carga y caudal.

Para establecer la velocidad de flujo de ascenso como uno de los parámetros de diseño, se empezó partiendo de variables conocidas como el área y volumen del reactor a partir del diámetro, altura, concentración y carga típica. Teniendo estos valores se pudo realizar el diseño de manera satisfactoria.

Tabla 6

Parámetros de diseño

Variables conocidas para los parámetros de diseño			
Diámetro de la tubería (cm)	Caudal (mL/min)	Carga (kg DBO₅/m³*día)	Tiempo de Retención Hidráulica (día)
25	13,8	0.29375	0.8

Fuente: Autores

3.5.4.1 Volumen del reactor

$$V_R = \text{TRH} * Q$$

Ecuación 23

Donde:

V_R : Volumen del reactor (m^3)

TRH: Tiempo de retención hidráulica (día)

Q: Caudal del efluente ($\text{m}^3/\text{día}$)

El tiempo de retención hidráulico (THR) se consideró de 0.8 días como lo había utilizado (Caicedo, 2006) en su proyecto.

3.5.4.2 Área del reactor

$$A_R = \Pi * \frac{D^2}{4}$$

Ecuación 24

Donde:

A_R : Área del reactor (m)

D : Diámetro del reactor (m)

3.5.4.3 Altura efectiva del reactor

$$L = \frac{4 * V}{\pi * D^2} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

L : Altura efectiva del reactor (cm)

V : Volumen del reactor (m³)

D : Diámetro del reactor (m)

3.5.4.4 Flujo másico

$$F = V_R * \text{Carga} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

F : Flujo másico (kg DBO₅/día)

V_R : Volumen del reactor (m³)

Carga: Carga de DQO₅ en el efluente (kg DBO₅/m³*día)

3.5.4.5 Carga hidráulica

$$C_H = \frac{Q}{A_R} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

C_H : Carga hidráulica (cm/h)

Q : Caudal del efluente (cm³/h)

A_R : Área del reactor (cm²)

3.5.4.6 Velocidad de flujo en la campana

$$V_F = 4*(C_H) \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

V_F : Velocidad de flujo en la campana (m/h)

C_H : Carga hidráulica (m/h)

3.5.4.7 Separador Gas – Líquido – Sólido (G-L-S)

Otro parámetro importante de diseño en el reactor U.A.S.B. es la campana o también llamado separador trifásico G-L-S, el cual se encarga de separar la parte líquida de la sólida y gaseosa que son generadas en el interior del reactor, este separador es fundamental ya que logra un buen funcionamiento del reactor con el fin de mantener un lodo sedimentable, un efluente clarificado y unos gases adecuadamente separados.

Los parámetros básicos de diseño para la campana fueron:

3.5.4.7.1 Área de abertura

$$A_{ABERTURA} = \frac{Q}{V_F} \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

$A_{ABERTURA}$: Área de abertura de la campana (m^2)

Q : Caudal del efluente (m^3/h)

V_F : Velocidad de flujo en la campana (m/h)

3.5.4.8 Área de sección transversal de la campana

$$A_{CAMPANA} = A_R - A_{ABERTURA} = \Pi * R_C^2 \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

$A_{CAMPANA}$: Área de sección transversal de la campana (m^2)

A_R : Área del reactor (m^2)

$A_{ABERTURA}$: Área de abertura de la campana (m^2)

R_C : es el radio mayor de la campana (m)

3.5.4.8.1 Ancho de la abertura

$$W_A = R_R - R_C \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

W_A : Ancho de la abertura de la campana (cm)

R_R : Radio de la tubería (cm)

R_C : Radio mayor de la campana (cm)

Se asumió para el diseño, tanto el ancho mínimo interno de la campana (H_T) y la altura tope del separador trifásico (G-L-S) sobre la superficie del líquido iguales a 2 cm. Por lo tanto:

$$W_G = R_R - W_A - 0.5 * (H_T) \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

W_G : Ancho desde la pared de la campana a la pared de la tubería (cm)

R_R : Radio de la tubería (cm)

W_A : Ancho de la abertura de la campana (cm)

H_T : Ancho mínimo interno de la campana (cm)

3.5.4.9 Ángulo de inclinación de la campana

El ángulo seleccionado para la campana fue de 60° debido a que se acomoda mejor a las condiciones de diseño, tanto para la campana como para la tubería.

3.5.4.10 Altura de la campana

$$H_G = W_G * \tan \alpha \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

H_G : Altura de la campana (m)

W_G : Ancho desde la pared de la campana a la pared de la tubería (cm)

α : Ángulo seleccionado para la campana (°)

3.5.4.11 Traslapo

$$T_V = 1.5*(W_A) \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

T_V : Traslapo (cm)

W_A : Ancho de la abertura (cm)

3.5.4.12 Ancho de los deflectores

$$W_D = T_V + W_A \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

W_D : Ancho de los deflectores (cm)

T_V : Traslapo (cm)

W_A : Ancho de la abertura (cm)

3.5.4.13 Longitud de los deflectores

$$L_D = 2*W_D*\tan 45^\circ \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

L_D : Longitud de los deflectores (cm)

W_D : Ancho de los deflectores (cm)

3.6 Cálculo de eficiencia de cada unidad de tratamiento

Las unidades de tratamiento presentan un valor de eficiencia con respecto a la remoción de los contaminantes del agua residual, según (Miranda, Ubaque, & Pinzón, 2015) con estos valores de remoción de los parámetros se realizaron los cálculos necesarios, con lo cual se determinó el porcentaje de remoción de estas.

Cada unidad de tratamiento presenta un porcentaje de remoción de los contaminantes las cuales son presentadas en la **Tabla 7**, **Tabla 8** y **Tabla 9**.

Trampa de grasas

Tabla 7

Porcentaje remoción Trampa de Grasas

Parámetro	% de remoción	% seleccionado
Aceites y Grasas	60 – 90	90

Fuente: Autores

Sistema de aireación DAF

Tabla 8

Porcentaje remoción Sistema DAF

Parámetro	% de remoción	% seleccionado
SST	70 – 90	80
DBO	10 – 50	30
DQO	10 – 25	20
Aceites y Grasas	60 - 95	95

Fuente: Autores

Reactor anaerobio U.A.S.B.

Tabla 9

Porcentaje remoción Reactor U.A.S.B.

Parámetro	% de remoción	% seleccionado
SST	60 - 70	65
DBO	65 - 80	75
DQO	60 - 80	70
Nitratos + Nitritos	10 - 25	25

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ubicación Geográfica del centro de acopio

En la Figura 1 se observa el mapa de la ubicación geográfica del centro de acopio de leche COPROCACB.



Figura 1 Ubicación Centro de Acopio COPROCACB

El centro de acopio de leche COPROCACB se encuentra ubicado en la comunidad Balcashi, parroquia Quimiag, cantón Riobamba en las coordenadas 770506.86 m E y 9812721.89 m S.

4.2 Caracterización del agua residual

Algunos parámetros se midieron de manera *in situ* como la temperatura y oxígeno disuelto, a continuación, se presentan los resultados en la **Tabla 10** los análisis de laboratorio en comparación con la normativa nacional de calidad ambiental y descarga de efluentes TULSMA Anexo 1 libro VI.

Tabla 10

Resultados del análisis de laboratorio

Parámetros	Unidades	Valor	Límites permisibles	Cumplimiento
Aceites y grasas	(mg/L)	74.86	0.3	No cumple
Cloruros	(mg/L)	60.35	1000	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	(mgO ₂ /L)	293.75	100	No cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L)	460	250	No cumple
Fosforo Total	(mg/L)	5.5	10	Cumple
Nitratos + Nitritos	(mg/L)	15.65	10	No cumple
Potencial de Hidrógeno (pH)	(7-12)	6.75	5-9	Cumple
Sólidos Sedimentables	(mg/L)	0.1	1.0	Cumple
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	304	100	No cumple
Sólidos Totales	(mg/L)	526	1600	Cumple
Temperatura	°C	15.9	< 35	Cumple
Conductividad	(ms/cm)	308	-	
Turbidez	(NTU)	128	-	
Dureza	(mg/L)	180.16	-	
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	2.02	-	
Coliformes Fecales	(Nmp/100mL)	2550	Remoción > al 99.9%	-

Fuente: Autores

Con la caracterización se puede observar que los aceites y grasa, sólidos suspendidos totales, DBO₅, DQO y Nitritos y nitratos son parámetros que no cumplen con los límites permisibles para su descarga a un cuerpo de agua dulce, los otros parámetros si se encuentran en los límites permisibles.

4.3 Caudal de diseño

En la zona de lavado se calculó el caudal promedio total del efluente que se dará tratamiento. Aplicando el método volumétrico para el cálculo del caudal se obtiene los resultados propuestos en la Tabla 11.

Tabla 11

Cálculo del caudal en la zona de recepción y lavado

Día	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /s)
1	5	2.16	2.31	0.00231
		2.15		
		2.16		
		2.16		
		2.26		
2	5	2.28	2.21	0.00221
		2.26		
		2.26		
		2.25		
		2.09		
3	5	2.10	2.39	0.00239
		2.08		
		2.09		
Promedio			2.30	0.0023

Fuente: Autores

4.4 Selección y dimensionamiento de las unidades de tratamiento

Para el diseño de la planta de tratamiento se realizó la selección de tratamiento primario, secundario y biológico, para lo cual mediante información bibliográfica realizada por varios autores se tomó en cuenta el índice de biodegradabilidad con esto los tratamientos garanticen una eficiencia en la reducción del contaminante que se desea eliminar.

4.4.1 Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad obtenido del agua residual del centro de acopio de leche COPROCACB se presenta en la **Tabla 12**.

Tabla 12

Índice de Biodegradabilidad

Relación	Valor	Índice de Biodegradabilidad
----------	-------	-----------------------------

DBO₅ (mg/L)	293.75	0.63
DQO (mg/L)	460	

La **Tabla 12** se muestra el valor del índice de biodegradabilidad que tiene un valor de 0,63 lo representa que la materia orgánica presente en el agua residual es poco biodegradable con esto se puede seleccionar los procesos para el tratamiento del agua residual.

Los procesos que se proponen en la presente investigación para tratar el agua que se genera en el centro de acopio de leche COPROCACB fueron:

- Tanque Homogeneizador-sedimentador
- Trampa de Grasas
- Sistema DAF
- Biodigestor U.A.S.B.

El sistema de tratamiento propuesto se representa gráficamente a continuación en la **Figura 2**, donde se identifica cada unidad de tratamiento desde el momento en que el agua residual llega a la primera operación hasta el último tratamiento que reduce los contaminantes finales, así también se presenta el tren del sistema de tratamiento en la **Figura 3**:

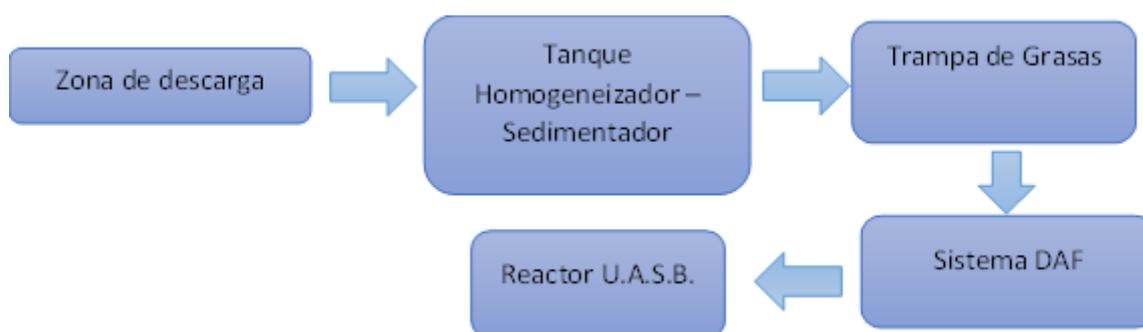


Figura 2 Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto

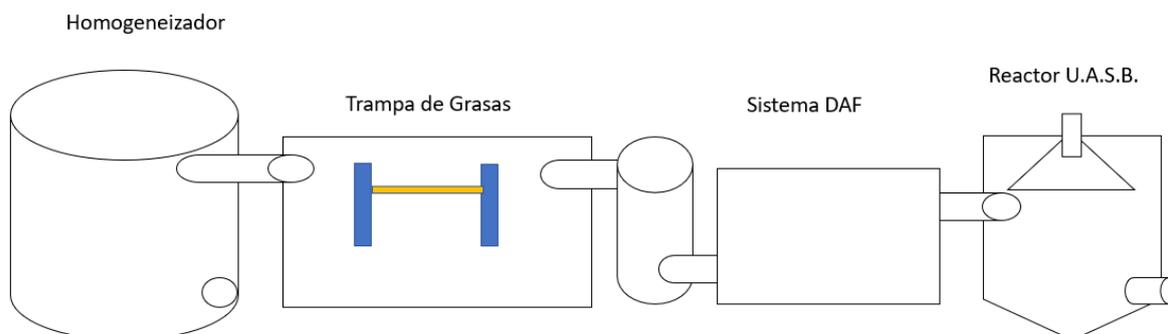


Figura 3 Tren del sistema de tratamiento

4.4.2 Tanque Homogeneizador

Se estableció colocar un tanque homogeneizador que tiene como finalidad mantener un caudal constante para el sistema de tratamiento, ya que el caudal que presenta el Centro de acopio de leche COPROCACB es muy variable debido a la irregularidad de las descargas de los efluentes, el equipo se lo presenta en la Figura 4.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los parámetros y valores obtenidos para el dimensionamiento del tanque homogeneizador.

Tabla 13

Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del tanque homogeneizador

Parámetro	Nomenclatura	Unidades	Valor
Área	A	m ²	4.14
Diámetro	Ø	m	2.29
Radio	r	m	1.14
Altura	H	m	2.00
Volumen	V	m ³	8.28

Fuente: Autores

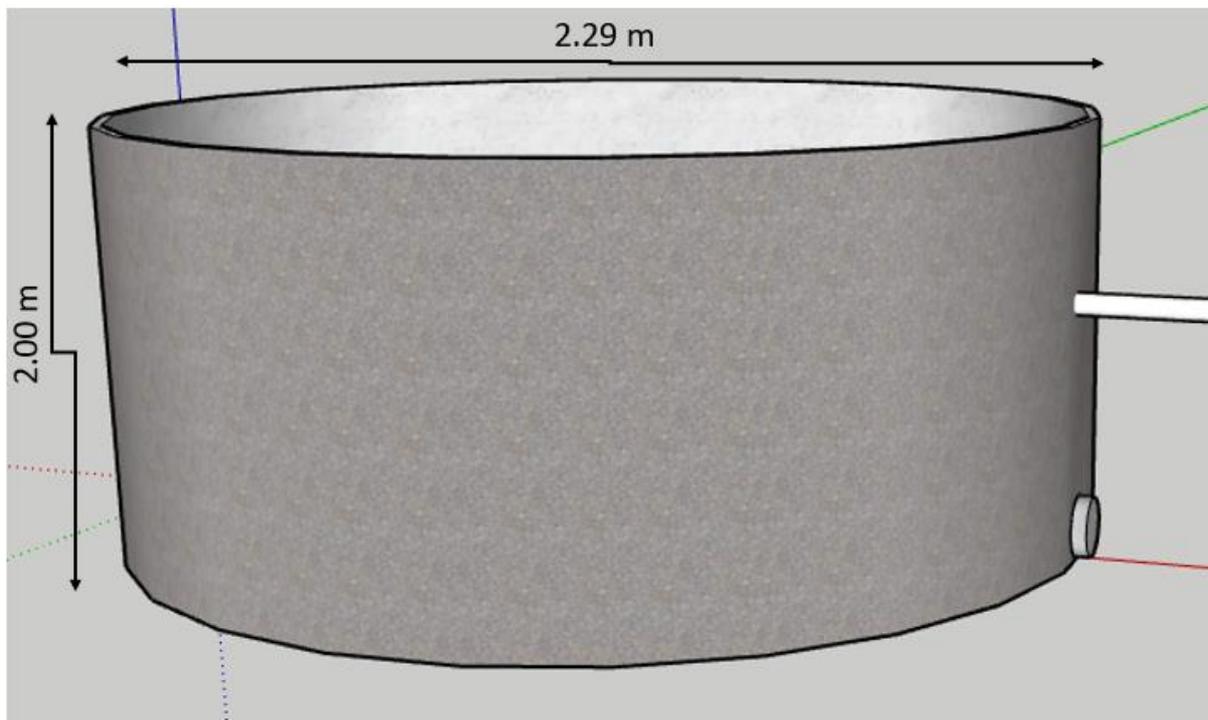


Figura 4 Tanque Homogeneizador

4.4.3 Trampa de Grasas

La trampa de grasas se implementó con la finalidad de reducir única y exclusivamente el porcentaje de concentración de aceites y grasas que se generan en el efluente durante el proceso de recepción y lavado de la leche cruda en el centro de acopio COPROCACB, el equipo se presenta en la *Figura 5*.

En la **Tabla 14** se presentan los parámetros y valores obtenidos para el dimensionamiento de la trampa de grasas.

Tabla 14

Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento de la trampa de grasas

Parámetros	Nomenclatura	Unidades	Valor
Volumen	$V_{\text{trampa grasa}}$	m^3	1.27
Largo	L	m	1.97
Ancho	A	m	0.98
Altura	H	m	0.65

Fuente: Autores

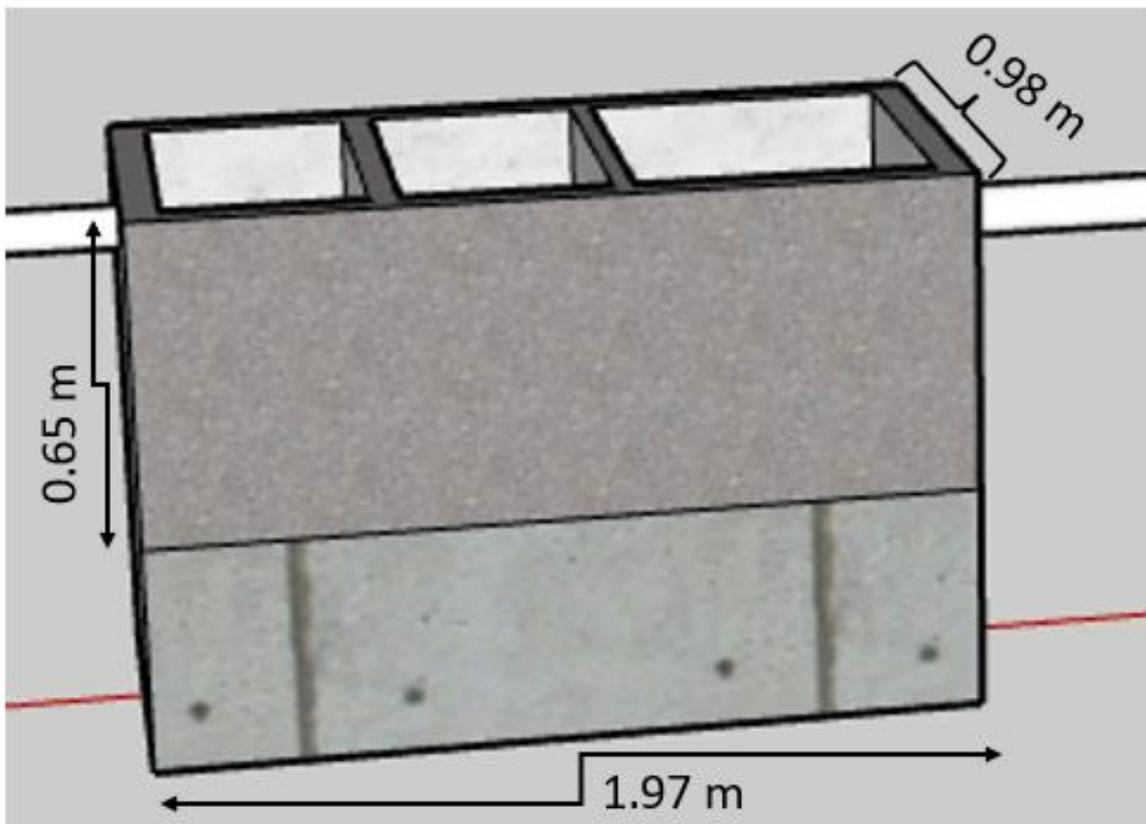


Figura 5 Trampa de Grasas

4.4.4 Sistema DAF

El sistema de flotación por aire disuelto (DAF), tiene como objetivo reducir las altas concentraciones de sólidos suspendidos y de aceites y grasas que se encuentran presentes en el efluente. También este proceso ayuda a la reducción de la DBO₅ y la DQO presente en el agua residual a ser tratada.

En la **Tabla 15** se presentan los parámetros y valores obtenidos para el dimensionamiento del sistema de flotación por aire disuelto, y el equipo se presenta en la Figura 6.

Tabla 15

Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del sistema de flotación por aire disuelto

Parámetro	Nomenclatura	Unidad	Valor
Caudal recirculado presurizado	Q_R	$\frac{L}{s}$	0.92
Solubilidad del aire	C_T	$\frac{mL\ aire}{L\ agua}$	85.76
Cantidad de aire liberado	$C_T - C_L$	$\frac{mL\ aire}{L\ agua}$	27.79
Relación aire/sólidos	$\frac{A}{S}$		0.044
Cantidad de lodo producido	m_{lodos}	$\frac{kg}{h}$	2.07
Área superficial del tanque de flotación	A_S	m^2	2.3
Volumen	V_{prisma}	m^3	7.81
Ancho del tanque de flotación	A_{prisma}	m	3.36
Largo del tanque de flotación	L_{prisma}	m	1.9
Altura tanque de flotación	H_{prisma}	m	1.2
Volumen tanque de presurización	V_{pres}	m^3	0.22
Altura tanque de presurización	h	m	0,52
Diámetro tanque de presurización	\emptyset_{pres}	m	0.6

Fuente: Autores

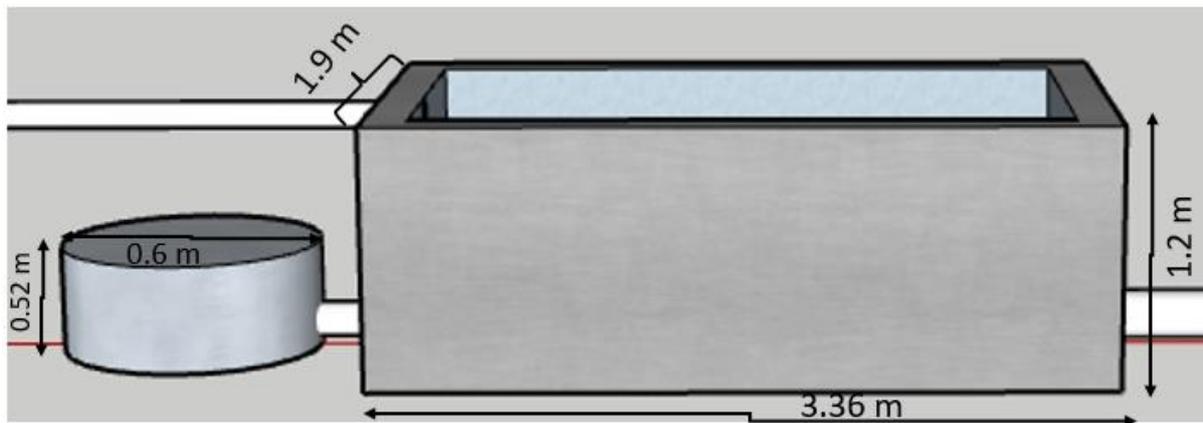


Figura 6 Sistema DAF

4.4.5 Reactor U.A.S.B.

El diseño de un reactor U.A.S.B. o también denominado reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB), tiene como finalidad minimizar las concentraciones de nitritos y nitratos que se encuentran presentes en el agua residual ya que los procesos anteriores son tratamientos primarios y para la reducción de este contaminante se requiere de un tratamiento secundario o biológico. Este proceso también ayuda a la reducción de sólidos suspendidos totales (SST), la DBO₅ y la DQO presente en el agua residual a ser tratada.

En la **Tabla 16** se presentan los parámetros y valores obtenidos para el dimensionamiento del reactor U.A.S.B y el equipo se presenta en la Figura 7.

Tabla 16

Parámetros de diseño propuestos para el dimensionamiento del reactor U.A.S.B.

Parámetro	Nomenclatura	Unidad	Valor
Volumen	V_R	m ³	
Área	A_R	m ²	3.14
Altura efectiva	L	m	2.63
Flujo masico	F	kg DBO ₅ /día	2.43
Carga hidráulica	C_H	m/h	2.63
Velocidad de flujo en la campana	V_F	m/h	10.54
Diámetro del Reactor	D_R	m	2
Área de abertura	$A_{ABERTURA}$	m ²	0.78
Área de sección transversal de la campana	$A_{CAMPANA}$	m ²	2.35

Ancho de la abertura	W_A	m	0.13
Altura de la campana	H_G	m	1.48
Traslapo	T_V	m	0.20
Ancho de los deflectores	W_D	m	0.33
Longitud de los deflectores	L_D	m	0.63

Fuente: Autores

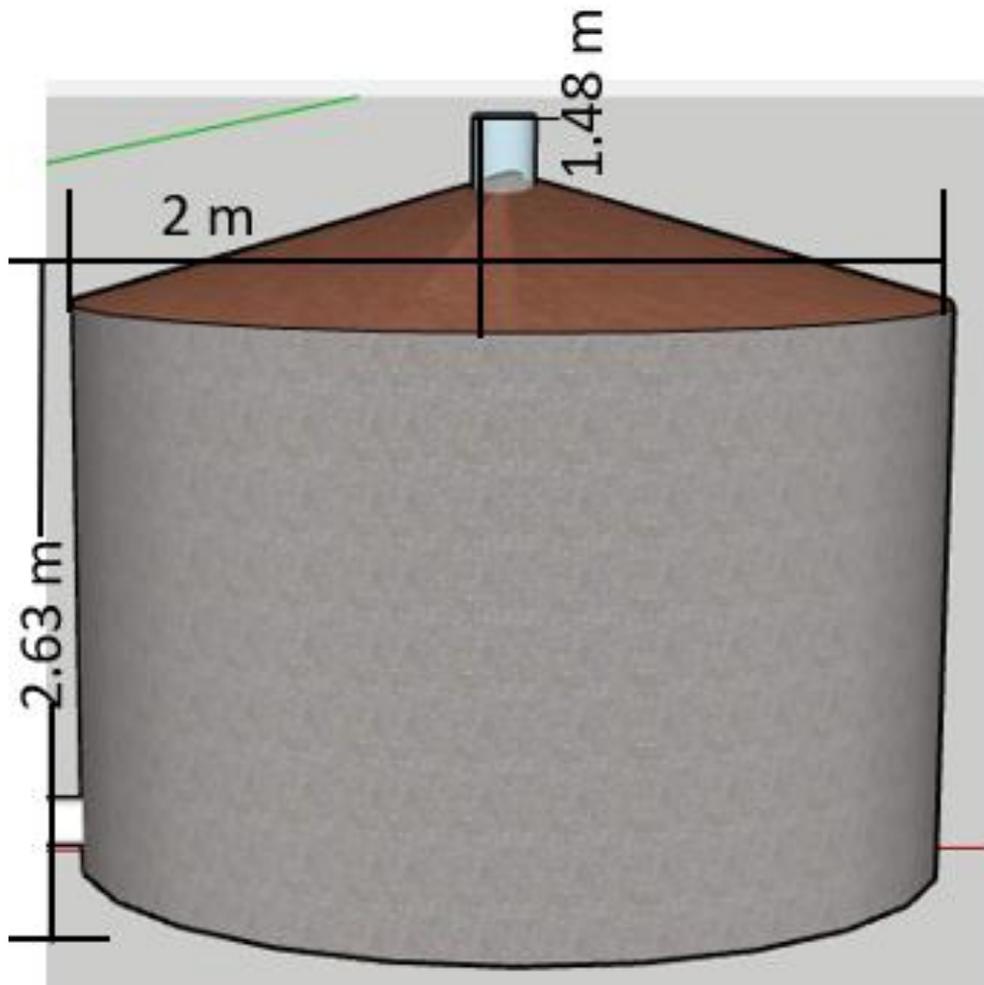


Figura 7 Reactor U.A.S.B.

4.5 Eficacia de la planta de tratamiento

Para realizar la eficiencia de remoción de las diferentes concentraciones de contaminantes que sobrepasan los límites máximos permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce normado por el TULSMA se tuvo que acudir a diferentes bibliografías y citar

autores crédulos con investigaciones que hayan sido aprobadas en la remoción de contaminantes presentes en el agua residual.

A continuación, se presenta la **Tabla 17**, la cual contiene el parámetro de remoción, el porcentaje de remoción del contaminante, el porcentaje seleccionado por el autor, la entrada y la salida de reducción que se desea remover. Para la remoción de este parámetro se acudió a la investigación realizada por (Sánchez, 2011) la cual se denomina “El uso de trampas de grasa para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitida a la red municipal de drenaje”, en esta investigación se señala el rango del porcentaje de remoción que el autor desea seleccionar.

Tabla 17

Balance de remoción de la trampa de grasas

Parámetro	% de remoción	% seleccionado	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)
Aceites y Grasas	60 – 90	90	74.85	7.48

Fuente: Autores

Como se puede ver en la **Tabla 17**, la trampa de grasas reduce entre un 60 y 90% de aceites y grasas presentes en un agua residual y el valor seleccionado fue del 90% reduciendo la carga contaminante de 74.85 mg/L a 7.48 mg/L.

La **Tabla 18** contiene los siguientes parámetros que se van a remover al implementar un sistema de flotación por aire disuelto (DAF), los parámetros son los siguientes: Sólidos Suspendidos Totales, DBO₅, DQO y Aceites y Grasas. En la tabla se indica el % de remoción, % de remoción, % seleccionado por el autor, la entrada y la salida del contaminante que se desea remover. Para la remoción de este parámetro se acudió a la investigación realizada por (Samaniego, 2022) la cual se denomina “Prediseño de una Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Empresa de Lácteos El Pajonal”, en esta investigación se señala el rango del porcentaje de remoción que el autor desea seleccionar.

Tabla 18

Balance de remoción del sistema de flotación por aire disuelto

Parámetro	% de remoción	% seleccionado	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)
SST	70 – 90	80	304	60.8
DBO	10 – 50	30	293.75	205.62
DQO	10 – 25	20	460	368
Aceites y Grasas	60 - 95	95	7.48	0.37

Fuente: Autores

Como se puede ver en la **Tabla 18**, el sistema de flotación por aire disuelto reduce entre un 60 y 95% de aceites y grasas presentes en un agua residual y el valor seleccionado fue del 95% reduciendo la carga contaminante de 7.48 mg/L a 0.37 mg/L. Este proceso también reduce los sólidos suspendidos totales entre un rango de 70 al 90% y el valor escogido fue del 80%, el valor de entrada fue de 304 mg/L y el de salida de 60.8 mg/L. Al igual que la DBO₅ ingresó con un valor de 293.75 mg/L y su concentración de salida fue de 205.62 mg/L logrando una reducción de un 30%, y finalmente la DQO tuvo un valor de entrada de 460 mg/L y su valor de salida fue de 368 mg/L logrando una reducción del 20%.

La **Tabla 19** contiene los parámetros que se van a remover al implementar un reactor U.A.S.B., Sólidos Suspendidos Totales, DBO₅, DQO y Nitritos + Nitratos, indica el % de remoción, % de remoción, % seleccionado por el autor, la entrada y la salida del contaminante que se desea remover. Para la remoción de este parámetro se recurrió a la investigación realizada por (Rodríguez, 2015) la cual se denomina “Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales”, en esta investigación se señala el rango del porcentaje de remoción que el autor desea seleccionar.

Tabla 19

Balance de remoción del reactor U.A.S.B.

Parámetro	% de remoción	% seleccionado	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)
SST	60 - 70	65	27.36	9.57
DBO	65 - 80	75	154.21	38.55
DQO	60 - 80	70	239.2	71.76
Nitratos + Nitritos	10 - 25	25	13.25	9.93

Fuente: Autores

Como indica la **Tabla 19**, el reactor U.A.S.B. reduce entre un 60 y 70% de sólidos suspendidos totales presentes en un agua residual y el valor seleccionado fue del 65% reduciendo la carga contaminante de 27.36 mg/L a 9.57 mg/L. Este proceso también reduce la DBO₅ entre un rango de 65 al 80% y el valor escogido fue del 75%, el valor de ingreso fue de 154.21 mg/L y el de salida de 38.55 mg/L. Al igual que la DQO ingresó con un valor de 239.2 mg/L y su concentración de salida fue de 71.76 mg/L logrando una reducción de un 70%, y finalmente los Nitritos + Nitratos tuvieron un valor de entrada de 14.65 mg/L y su valor de salida fue de 10.74 mg/L logrando una reducción del 25%.

Teniendo en cuenta el diseño de esta planta de tratamiento de aguas residuales se cumpliría con el objetivo de reducir las concentraciones contaminantes presentes que están por encima de los límites máximos permisibles establecidas por el TULSMA para la descarga de un cuerpo de agua dulce los cuales fueron los siguientes: Aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, DBO₅, DQO y Nitritos + Nitratos.

4.6 Costos

Para la estimación de los costos de cada proceso del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizaron diferentes fuentes de varios autores los cuales estimaban los costos totales.

La **Tabla 20** presenta el costo total estimado para cada uno de los procesos en el sistema de tratamiento propuesto

Tabla 20

Costos de equipos

Proceso/Operación	Costo Total (USD)	Referencia
Trampa de Grasas	\$ 310.00	(Saltos, 2020)
Tanque Homogeneizador – Sedimentador	\$ 1861.00	(Castillo, 2020)
Sistema de Flotación por Aire Disuelto	\$ 5600.00	(Collaguazo, 2021)
Reactor U.A.S.B.	\$ 1200.00	(Dasail, 2022)
Mano de obra e imprevistos	\$ 3000.00	
TOTAL	\$ 11971.00	

Nota: El costo total estimado para el diseño de la planta de tratamiento según varios autores es de USD 8971.00.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La caracterización del agua residual del centro de acopio presentó valores que no cumplían con los límites máximos permisibles del TULSMA, los parámetros fueron los aceites y grasa con un valor de 74.86 mg/L, DQO de 460 mg/L, DBO₅ de 293.75 mg/L.
- La selección y diseño de las unidades de tratamiento se dio en base a los parámetros que no cumplen con los límites máximos permisibles, con el caudal de 2.30 L/s y con la relación de biodegradabilidad de 0.63 se define que el efluente es medianamente biodegradable, por lo tanto se aplicó tratamientos primarios como el homogenizador y la trampa de grasa, tratamientos secundarios como el Sistema DAF y terciario el Reactor U.A.S.B., además para el dimensionamiento se contempló las necesidades y espacio que dispone el centro de acopio. La efectividad del dimensionamiento y diseño de cada proceso de tratamiento se determinó conforme al porcentaje de remoción de contaminantes de manera bibliográfica y teórica en función de cada unidad de proceso, con ello se consiguió que los parámetros alcancen los valores necesarios para cumplir con los límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce, obteniendo altos porcentajes de remoción de los contaminantes como lo son los aceites y grasas, DBO₅, DQO, nitratos y nitritos y los sólidos suspendidos totales presentes en el efluente del centro de acopio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Antes del diseño de una planta de tratamiento se debe tener en cuenta el área disponible de la empresa para implementar una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda que la empresa implemente es sistema de tratamiento de aguas para que cumpla con lo establecida en la normativa ambiental.
- Los mantenimientos deberán ser necesarios en la planta para que de esta manera no sufran fallas los equipos que provoquen gastos y así corregirlas y repararlas.
- Mantener calibrado constantemente los equipos e instrumentos antes de realizar las mediciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua a ser tratada para evitar incongruencia cuantitativa en los valores representativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar. (2014). *Diseño de un Sistema de Flotación por Aire Disuelto (F.A.D) para mejorar la calidad del agua residual de la industria láctea El Ordeño y La CORPABE*. Quito: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria - Escuela Politécnica Nacional.
- Aguilar. (2014). *Diseño de un Sistema de Flotación por Aire Disuelto (F.A.D) para Mejorar la Calidad del Agua Residual de la Industria Láctea El Ordeño y La Corpabe*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Aguilar. (2014). *Diseño de un Sistema de Flotación por Aire Disuelto (F.A.D) para Mejorar la Calidad del Agua Residual de la Industria Láctea El Ordeño y La Corpabe*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Alcántara, A. (2019). *Contaminantes de Agua Residual*. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108092/secme-25569_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Page%205-,COMPOSICI%C3%93N%20DE%20LAS%20AGUAS%20RESIDUALES,30%25%20en%20la%20fracci%C3%B3n%20sedimentable.
- Alfaro, A. (2013). *Tecnoláctea*. Obtenido de <https://www.consorciolachero.cl/tecnolactea/main-impacto-ambiental/>
- Alvarado, E. (2017). Manual de Medición de Caudales. ICC (*Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático*, 3-24. Obtenido de <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>
- Ardila. (2012). Remoción fotocatalítica de DQO, DBO5 y COT de efluentes de la industria farmacéutica. Medellín: Revista Politécnica.
- Ardilla, A. (2015). *Mineralización de Etilenglicol por Foto-Fenton Asistido con Ferrioxalato*. México D.F.: Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Barrera, C. (2014). *Aplicaciones Electroquímicas al Tratamiento de Aguas Residuales*. México D.F.: Reverte Ediciones.
- Bedoya, O. (2009). *Determinación de variables fisicoquímicas en aguas residuales para la industria de lácteos*. Obtenido de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/675/determinacion-variables-fisicoquimicas-en-aguas-residuales-para-la-industria-lacteos>
- Bravo, A. M. (28 de Septiembre de 2020). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la planta de lácteos de la Facultad de Ingeniería*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7041>
- Caicedo, F. J. (2006). *Diseño, Construcción y Arranque de un Reactor U.A.S.B. Piloto para el Tratamiento de Lixiviados*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Cajacuri, P., Rincón, N., Araujo, I., Behling, E., Colina, G., & Marín, J. (2013). Diversidad microbiológica del lodo anaerobio durante el tratamiento de aguas de producción petroleras venezolanas. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 325-334.
- Cajas, A. X. (2014). *Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Centro de Salud N°2 en la Ciudad de Ambato-Provincia de Tungurahua*. Ambato: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Facultad de Ciencias.
- Carswell, P. (2016). The application of traditional data quality objectives (DQOs) to the measurement of stack gas unspiciated masstechniques and observations. *Waste Manag*, 385-394.
- Castillo. (2020). *Diseño de un Equipo de Homogeneización para Polímero en el Proceso de Floculación del Tratamiento de Aguas Residuales para la Empresa*

- “SOILTRATAMIENTO DE AGUAS SUCURSAL COLOMBIA”. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.
- Castillo, F. K. (2022). *"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES Y VALIDARLO MEDIANTE UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN PARA LA PARROQUIA CRUCITA, PORTOVIEJO-MANABÍ"*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22938/1/UPS-CT009990.pdf>
- Castillo, S. J. (2020). *Diseño de un Equipo de Homogeneización para Polímero en el Proceso de Floculación del Tratamiento de Aguas Residuales para la Empresa "SOILTRATAMIENTO DE AGUAS SUCURSAL COLOMBIA"*. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.
- Castillo, S. J. (2020). *Diseño de un Equipo de Homogeneización para Polímero en el Proceso de Floculación del Tratamiento de Aguas Residuales para la Empresa "SOILTRATAMIENTO DE AGUAS SUCURSAL COLOMBIA"*. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.
- Centros de Acopio de Leche en el Estado de Chihuahua. (2008). *Proceso de recolección*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/centrosdeacopiodelecheenchih/proceso-de-recoleccion>
- Chávez, J. A. (Diciembre de 2014). Caracterización del Agua Residual Generada en la Planta de Lácteos el Salinerito – Parroquia Salinas – Cantón Guaranda para el Diseño de una Planta de Tratamiento. *Revista de Investigación Talentos*, 6. Obtenido de <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/92/121>
- Collaguazo, J. D. (2021). Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Reutilización en el Área de Lavado de Vehículos y Reducir Costos en la Lubricadora del Fray Ubicado en la Parroquia de Calderón Cantón Quito. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana. (1999). *Guía Para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial*. Santiago: 3-58.
- Dasail. (2022). *Capítulo VI Análisis de Costos*. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Díaz, H. (2018). *Determinación de Laconcentradoración Micelar Crítica*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla/fisicoquimica-iii/reporte-practica-cmc-funcion-de-la-concentracion-micelar-critica-y-sus-aplicaciones-ademas-de-la/9750121>
- Eddy, M. &. (2010). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- Equipo Flowen. (2021). *Tratamiento de aguas residuales de agroindustrias*. Obtenido de <https://flowen.com.pe/site/tratamiento-de-aguas-residuales-de-agroindustrias/>
- Espinoza. (2020). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodos Activos para la Comunidad de Paquiostancia*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito.
- Espinoza, L. A. (2020). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LODOS ACTIVOS PARA LA COMUNIDAD DE PAQUIESTANCIA*. Quito: Facultad de Ingeniería - Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.
- FAO. (2011). *Procesos para la elaboración de productos lácteos*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/bo954s/bo954s.pdf>
- Fundación Chile. (2016). *Aguas residuales como nueva fuente de agua*. Santiago.
- García, A. (2010). *Manual de prácticas de laboratorio de Química General II*. Santo Domingo: Universidad APEC.
- Garzón, D., & Espino, R. (2020). *Características físico-químicas del agua residual*. Obtenido de <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29021/propiedadesfisicasyquimicas.pdf>

- González, G. (2012). *Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- HACH. (2000). *MANUAL DE ANÁLISIS DE AGUA*. Loveland: HACH COMPANY.
- Hach Company. (2000). *Manual de Análisis de Agua*. Loveland.
- Hach, C. (2000). *Manual de Análisis de Agua*. Obtenido de file:///D:/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf
- León, S., & Vega, S. (2006). Un Aporte Sobre la Industria Láctea Orgánica. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 1-19.
- Loo, R. M. (15 de Noviembre de 2019). Tratamiento del Agua. *Eco Agua & Energía*, 31.83. Obtenido de https://sedum.michoacan.gob.mx/download/foro_de_capacitacion_ambiental_empresarial/ss3-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-Reparado.pdf
- Martín, M. (2010). *Estudian la eliminación limpia de los residuos lácteos de las queseras*. Obtenido de <https://www.dicyt.com/viewNews.php?newsId=17494>
- Maya, K. (2017). *Análisis de la Cáscara de Cacao como Filtro en el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de la Industrias de Lácteos Salinerito de la Ciudad de Guaranda*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27239/1/Tesis%201222%20-%20Maya%20Monar%20Karen%20Rosangela.pdf>
- MINAM, M. d. (Septiembre de 2009). Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales. *SINIA*, 8-57. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-municipios-ecoeicientes>
- Miranda, J. P., Ubaque, C. A., & Pinzón, J. P. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Tecnura*, 5-16.
- Neill, D., & Suárez, L. (2018). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. *Ediciones UTMACH*, 57-89.
- Pulido, R. (2014). *Informe Producto N°4 "Informe de costos de inversión y de operación y mantenimiento de alternativa"*. Bogotá: Ingenieros Consultores.
- Ramallo, R. (1996). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec: REVERTÉ, S.A.
- Ramírez, L. (2008). *Demanda Química de Oxígeno en Muestras Acuosas*. México D.F.: UNAM, Facultad de Química, PIQAyQA.
- Reutelshöfer, T., & Bejarano, L. F. (2015). Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual. *Instituto de Toxicología de la Defensa*, 3-10. Obtenido de https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf
- Rodríguez, J. P. (2015). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Manizales: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rojas, N. K. (2017). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Quesera El Sinche, Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda*. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7906>
- Romero, J. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Nuevas Ediciones S.A.
- Ruíz, G. (2014). *Utilización de Biodigestores en el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas, en la Población del Buijo Histórico, Samborondón, 2014*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8054/1/BCIEQ-T-%2000042%20Ruiz%20L%C3%B3pez%20Geovanna%20Alexandra.pdf>
- Saltos, A. J. (2020). *Estudio de un Sistema de Trampas de Grasa en la Empresa de Catering "Los Almendros" y su Incidencia en el Cuidado del Medio Ambiente*. Ambato: Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

- Samaniego. (2022). *Prediseño de una Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Empresa de Lácteos "El Pajonal"*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Samaniego, Wilson Javier. (19 de Julio de 2022). *PREDISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS "EL PAJONAL"*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9420>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: MC GRAW HILL.
- Sánchez. (2009). *Utilización de la Proteína del Suero de Leche con la Adición de Diferentes Niveles de Chocolate para la Obtención del Postre Nutela*. Obtenido de http://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=44420&shelfbrowse_itemnumber=63232
- Sánchez. (2011). *El uso de trampas de grasa para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitida a la red municipal de drenaje*. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Toapanta, M. (2009). *Grasas y aceites*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>
- Torres, G., & Lozano, E. (2017). Disminución de Sólidos de Aguas Grises Mediante un Proceso de Aireación. *Ra Ximhai*, 393-404.
- TULSMA. (2015). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. *LIBRO VI ANEXO 1*, 329-332.
- UNATSABAR. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf
- Valencia. (2014). *Evaluación del Tratamiento de Aguas Residuales para Disminuir la Contaminación de Efluentes Generados por la Empresa de Lácteos "Marlen" Ubicada en el Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Valencia, A. (2014). *Evaluación del Tratamiento de Aguas Residuales para Disminuir la Contaminación de Efluentes Generados por la Empresa de Lácteos "Marlen" Ubicada en el Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua* .
- Valencia, E., & Ramírez, M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Ciencia y cultura: elementos*, 27-37.
- Vera, V. (2018). *LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA*. Obtenido de https://nanopdf.com/download/la-investigacion-cualitativa-5acf64f8eb038_pdf

ANEXOS

Ejemplo de cálculo trampa de grasas

- **Volumen para la trampa de grasas y aceites**

$$V_{\text{trampa grasa}} = t_v * 2C_{\text{GYA}} * Q$$

Donde:

$V_{\text{trampa grasa}}$ = Volumen para la trampa de grasa (m^3)

t_v = Tiempo de vaciado de la trampa de grasa (día)

C_{GYA} = Concentración de grasas y aceites (mg/L)

Para el tiempo de vaciado de la trampa de grasas se tomó un tiempo estimado de 30 días.

Se reemplazaron los valores en la siguiente ecuación ...:

$$V_{\text{trampa grasa}} = 30 \text{ días} * 2 * 74,857 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 19,872 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1000 \text{La}}{1 \text{m}^3 * a} * \frac{0,001 \text{m}^3 * G}{700 \text{g} * G} * \frac{1 \text{g} * G}{1000 \text{mg} * G}$$

$$V_{\text{trampa grasa}} = 0,1275 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{caja pequeña}} = \frac{0,1275 \text{ m}^3}{2}$$

$$V_{\text{caja pequeña}} = 0,06375 \text{ m}^3$$

- **Relaciones de tamaño**

$$L = 2a = 3h$$

Se reemplazaron los valores en la ecuación

$$L * \frac{L}{2} * \frac{L}{3} = 0,1275 \text{ m}^3$$

$$L = \sqrt[3]{0,1275 \text{ m}^3 * 6}$$

$$L = 0,9145 \text{ m}$$

$$a = \frac{L}{2}$$

$$a = \frac{0,9145 \text{ m}}{2}$$

$$a = 0,4572 \text{ m}$$

$$h = \frac{L}{3}$$

$$h = \frac{0,9145 \text{ m}}{3}$$

$$h = 0,3048 \text{ m}$$

- **Dimensionamiento**

$$V_{\text{trampa grasa}} = o * m * n$$

Donde:

$$m = \frac{2}{3} h$$

$$n = \frac{2}{3} h$$

$$o = a$$

Se reemplazaron los valores en la ecuación ...:

$$o = a$$

$$o = 0,4572 \text{ m}$$

$$m = \frac{2}{3} * h$$

$$m = \frac{2}{3} * 0,3048 \text{ m}$$

$$m = 0,2032 \text{ m}$$

$$n = \frac{2}{3} * L$$

$$n = \frac{2}{3} * 0,9145 \text{ m}$$

$$n = 0,6096 \text{ m}$$

Anexo 2: Memoria fotográfica



Figura A1: Medición de muestras

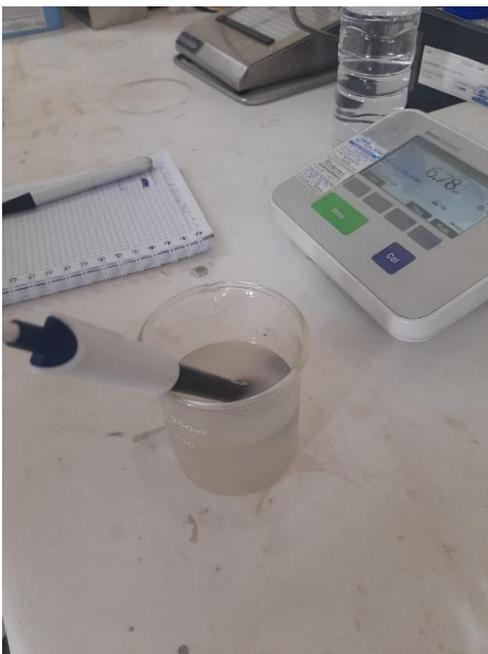


Figura A2: Medion de pH y turbidez



Figura A3: Medición de los nitratos + nitritos y conductividad



Figura A4: Recolección de las muestras del agua residual, centro de acopio de leche COPROCACB ubicado en Quimiag

Figura A5: Tren de sistema de tratamiento

