



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS
ASOCIACIÓN UNIÓN LIBRE**

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTADO POR:

ÁNGELA YAJAIRA RIVADENEYRA MACHASILLA

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

De manera especial al Ing. Mario Villacrés y al Ing. Marco Chuiza por la colaboración, la paciencia y la amistad brindada durante mis años de estudio y la realización del presente trabajo.

De igual manera a mi familia, de manera especial a mi tía Elena y mi mamá, María, y a todas las personas que me apoyaron durante la culminación de mi carrera.

A todos muchas gracias.

ANGIE

DEDICATORIA

Con todo mi amor a la persona más importante de mi vida quien me ha dado la fuerza y la motivación para superarme, esto es para ti, mi hijo querido Mateo Fernando.

Y para Víctor Javier, mi apoyo y mi inspiración, gracias por estar a mi lado.

ANGIE

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS ASOCIACIÓN UNIÓN LIBRE”** , de responsabilidad de las señorita egresada **ÁNGELA YAJAIRA RIVADENEYRA MACHASILLA**, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz DECANA FAC. CIENCIAS	-----	-----
Dr. Juan Marcelo Ramos DIRECTOR DE ESCUELA	-----	-----
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE TESIS	-----	-----
Ing. Marco Chuiza MIEMBRO - TRIBUNAL	-----	-----
Abg. Bertha Quintanilla COORDINADOR SISBIB	-----	-----

Yo, ÁNGELA YAJAIRA RIVADENEYRA MACHASILLA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ÁNGELA YAJAIRA RIVADENEYRA MACHASILLA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

\emptyset	Ángulo de inclinación de rejillas
Δ	Densidad del fluido
B	Factor de dependencia de la forma de las barras
μ	Viscosidad dinámica
A_l	Área libre
A	Ancho del canal
AR	Agua Residual
A_p	Área de las paletas
B	Ancho floculador
Bg	Suma separación entre barras
°C	Grados Celsius
Cs	Carga superficial
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (cinco días)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
E	Separación entre barras
G	Aceleración de la gravedad
H	Tirante del agua
Hab	Habitantes
H	Altura del canal
h_f	Diferencia de altura antes y después de las rejas

h_s	Altura de seguridad
HCl	Ácido clorhídrico
L	Litros
LAT	Laboratorio de Análisis Técnico
Lb	Longitud entre barras
Lf	Largo sedimentador
Lg	Largo floculador
M	Metros
ml	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
N	Número de varillas
N	Nitrógeno
OD	Oxígeno disuelto
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Fósforo
PCA	Policloruro de Aluminio
pH	Potencial Hidrógeno
Q	Caudal
$Q_{\text{Diseño}}$	Caudal de diseño
Q_{max}	Caudal máximo
s	Espesor entre barras

SS	Sólidos Suspendidos
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos Totales Suspendidos
T	Temperatura
Tr	Tiempo de retención
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
Vs	Velocidad terminal
V	Volumen

CONTENIDO

RESUMEN

SUMARY

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVOS	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO I	6
1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 Materias primas usadas en la industria láctea	6
1.1.1 La leche.....	6
1.1.1.1. Características organolépticas.....	6
1.1.1.2. Propiedades físicas.....	7
1.1.2. Derivados de la leche	10
1.1.2.1. Queso	10
1.1.2.2. Yogurt	12
1.2. Contaminación del agua	14
1.2.1. Definición del agua residual	14
1.2.2. Clasificación de las aguas residuales	14
1.2.3. Contaminación característica de la industria.....	16
1.2.4. Características de las aguas residuales industriales	16
1.2.4.1. Características físicas	17
1.2.4.2. Características químicas	18
1.2.5. Vertidos de las industrias lácteas.....	22
1.2.6. Niveles de tratamiento de aguas residuales	23
1.3. Diseño del sistema de tratamiento.....	24

1.3.1.	<i>Caudal</i>	24
1.3.2.	<i>Diseño del canal</i>	25
1.3.3.	<i>Rejillas</i>	26
1.3.4.	<i>Trampa de grasa</i>	28
1.3.5.	<i>Coagulación- floculación</i>	29
1.3.6.	<i>Sedimentador</i>	33
1.4.	Normativa ambiental vigente (TULSMA)	35
1.4.1.	<i>Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público</i>	35
CAPÍTULO II		38
2.	PARTE EXPERIMENTAL	38
2.1.	Localización y duración del estudio	38
2.2.	Muestreo	38
2.2.1.	<i>Plan de muestreo</i>	38
2.2.2.	<i>Número de muestras</i>	39
2.2.3.	<i>Medición del Caudal</i>	39
2.3.	Métodos y Técnicas	40
2.3.1.	<i>Métodos</i>	40
2.3.2.	<i>Técnicas</i>	40
2.3.2.1.	<i>Recolección de muestras: ESTÁNDAR METHODS 2310 A Y B</i>	41
2.3.2.2.	<i>Técnicas y métodos de ensayo utilizados para el análisis físico químico del agua residual</i>	41
2.3.2.3.	<i>Determinación de las propiedades microbiológicas del agua</i>	45
2.3.2.4.	<i>Procesos de tratabilidad</i>	47
2.4.	Datos Experimentales	48
2.4.1.	<i>Diagnóstico</i>	48
2.4.2.	<i>Datos experimentales</i>	48
2.4.3.	<i>Datos de los análisis microbiológicos del agua residual</i>	49
2.5.	Determinación de las Dosificaciones por el Test de Jarra	50
2.5.1.	<i>Variación de la concentración de la cal</i>	50
2.5.2.	<i>Variación de la concentración del coagulante</i>	50
2.5.3.	<i>Influencia del pH en la coagulación química</i>	50
2.5.4.	<i>Prueba de sedimentación</i>	51
CAPÍTULO III		52

3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
3.1. Diseño del sistema de tratamiento.....	52
3.1.1. Caudal de diseño.....	52
3.1.2. Rejillas.....	53
3.1.3. Trampa de grasa.....	55
3.1.4. Flocculador.....	55
3.1.5. Sedimentador.....	57
3.1.6. Resumen del dimensionamiento del sistema planteado.....	59
3.2. Propuesta.....	61
3.2.1. Requerimiento presupuestario.....	63
3.3. Resultados.....	63
3.3.1. Pruebas de tratabilidad.....	63
3.3.2. Caracterización del Agua Residual.....	66
3.3.3. Caracterización final del agua residual tratada.....	67
3.4. Discusión de resultados.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: CLASIFICACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	15
FIGURA 2-1: DIFERENTES FORMAS DE REJILLAS	28
FIGURA 3-3: SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1:	PROPIEDADES DE LA LECHE.....	7
TABLA 2-1:	CLASIFICACIÓN DE LOS FLOCULADORES.....	30
TABLA 3-1:	LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO.....	36
TABLA 4-2:	CRONOGRAMA DE MUESTREO.....	39
TABLA 5-2:	CAUDALES MEDIDOS POR SECCIÓN.....	40
TABLA 6-2:	UNIDADES DE GASTO POR SECTOR PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA.....	48
TABLA 7-2:	DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL.....	49
TABLA 8-2:	DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL.....	49
TABLA 9-2:	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS PARÁMETROS MÁS IMPORTANTES A CONSIDERAR.....	49
TABLA 10-2:	DOSIFICACIONES DE CAL PARA ENCONTRAR EL PH ÓPTIMO DE TRATAMIENTO.....	50
TABLA 11-2:	VARIACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL COAGULANTE.....	50
TABLA 12-2:	INFLUENCIA DEL PH EN LA COAGULACIÓN.....	51
TABLA 13-2:	PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN.....	51
TABLA 14-3:	CAUDAL DE DISEÑO.....	59
TABLA 15-3:	DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL.....	59
TABLA 16-3:	DIMENSIONAMIENTO DE LAS REJILLAS.....	59
TABLA 17-3:	DIMENSIONAMIENTO DE LA TRAMPA DE GRASA.....	60
TABLA 18-3:	DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR.....	60
TABLA 19-3:	DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR.....	60
TABLA 20-3:	PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	63
TABLA 21-3:	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	66
TABLA 22-3:	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.....	67
TABLA 23-3:	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.....	68
TABLA 24-3:	RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL Y DEL AGUA TRATADA.....	68

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA LECHE PASTEURIZADA	9
DIAGRAMA 2-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO	11
DIAGRAMA 3-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT	13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-3:	INFLUENCIA DEL PCA VS TURBIEDAD.....	64
GRÁFICO 2-3:	INFLUENCIA DEL PH EN LA TURBIEDAD	64
GRÁFICO 3-3:	CURVA DE SEDIMENTACIÓN	65
GRÁFICO 4-3:	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	67
GRÁFICO 5-3:	VALORES OBTENIDOS DEL TRATAMIENTO CON POLI CLORURO DE ALUMINIO.....	68
GRÁFICO 6-3:	RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL Y DEL AGUA TRATADA.....	69

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1:	VALORES REFERENCIALES PARA EL DISEÑO DE INGENIERÍA	76
ANEXO 2:	INSTALACIONES	79
ANEXO 3:	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS	80
ANEXO 4:	TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL	81
ANEXO 5:	PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN	82
ANEXO 6:	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL	83
ANEXO 7:	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA.....	84
ANEXO 8:	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL	85
ANEXO 9:	REJILLA METÁLICA Y CANAL DE RECOLECCIÓN	86
ANEXO 10:	TRAMPA DE GRASA.....	87
ANEXO 11:	FLOCULADOR.....	88
ANEXO 12:	SEDIMENTADOR	89

RESUMEN

En la siguiente investigación se realizó el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Planta Procesadora de Lácteos Asociación Unión Libre de la Parroquia 10 de Agosto en la provincia de Pastaza, para que de esta forma se cumpla con la Norma Ambiental del TULSMA para descargas en alcantarillado público, para lograrlo nos basamos en el método experimental con lo cual en primer lugar se caracterizó el agua residual proveniente de las diversas etapas del proceso de la Planta de Lácteos obteniéndose los siguientes parámetros que se encontraban fuera de norma, pH (6.46), la turbidez (1786,75 NTU), sólidos totales (15258 mg/ L), sólidos sedimentables (2091 mg/L), la DBO₅ (9657,47 mg/L), grasas y aceites (2583.8 mg/L) y la DQO (16854 mg/L). Seguidamente se realizaron las pruebas de tratabilidad donde se determinó que se necesita agregar 0,3 gr/L de cal y 1,5 ml de Poli cloruro de Aluminio al 25%. En el diseño de ingeniería se determina que la planta de tratamiento constara de los siguientes procesos: un sistema de rejillas manuales dispuestas en un canal que conducirá el agua a tratar a un trampa de grasa con capacidad de 152,74 L para luego llegar a un floculador de hormigón de 5 m³ de y terminar en un tanque de sedimentación de hormigón de 14 m³, con estas etapas se logró reducir los valores Turbidez en un 98%, Sólidos en un 96%, DBO₅ en un 97%, aceites y grasas en un 97% y DQO en un 98%. Con esto recomendamos a la planta Unión Libre la implementación del sistema de tratamiento de agua residual para ayudar a la conservación del medio ambiente del sector.

SUMMARY

It was designed a wastewater treatment plant in Unión Libre Association Dairy Processing Plant, 10 Agosto Parish, Pastaza province, in order to fulfill with environmental standard for public wastewater discharges. The research was initiated with the characterization of wastewater coming from different stages of Dairy Plant obtaining the following parameters which were out of specification, pH (6,46), turbidity (1786,75NTU), total solids (15258 mg/L), sediments solids (2091 mg/L), BOD₅ (9657,47mg/L), fats and oils (2583.8 mg/L) and COD (16854 mg/L). Subsequently, treatability tests were performed which determined that it is necessary to add 0,3 g/L of lime and 1,5 ml of poly aluminum chloride 25%. In engineering design it was determined that the treatment plant will consist of the following processes: a system of manual grids arranged on a channel that convey water to treat to a grease trap with the capacity to 152, 74 L then to reach a concrete flocculator of 5 m³ and to finish in a concrete sedimentation tank of 14 m³, these stages are able to reduce turbidity values by 98%, Solids by 96%, BDO₅ by 97%, fats and oils by 97% and COD by 98%. It is recommended to implement the wastewater treatment system in Unión Libre Association Dairy Processing Plant in order to preserve the environment of the parish.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso muy importante para los seres vivos y para los humanos, ya que es fuente de vida y se usa diariamente en todos los aspectos de la vida por lo que se ha visto la necesidad de conservar este recurso mediante la reducción y prevención de los impactos que las industrias producen en el medio ambiente.

Por sus propiedades y beneficios se ha utilizado el agua para el crecimiento industrial ya que se usa para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar.

El agua que se elimina de los procesos industriales es devuelta a la naturaleza y no siempre con el tratamiento adecuado es por esto que es necesario mitigar los impactos negativos que esta sufre y así disminuir los efectos para el medio ambiente.

En la industria láctea el agua es muy importante ya que interviene en el proceso, en la limpieza y refrigeración de los productos lácteos; la producción de quesos, leche pasteurizada, yogurt, entre otros productos generan aguas residuales que presentan un marcado carácter orgánico con elevada DBO₅ y DQO (la leche tiene una DBO₅ de 100000mg/l), una alta biodegradabilidad, presencia de aceites y grasas, altas concentraciones de nutrientes, presencia de sólidos en suspensión, principalmente de la elaboración de quesos, y ocasionalmente pueden tener pH extremos debido a las operaciones de limpieza (uso de ácidos y bases), aumentando de manera considerable el problema de la contaminación si las mismas no son debidamente tratadas antes de su disposición final a los vertederos. Cabe mencionar que la cantidad de agua utilizada en el proceso es de una a cuatro veces más que la cantidad de leche procesada, por lo que las políticas ambientales han cambiado para cumplir con las necesidades existentes.

Los vertidos procedentes de restos de leche y lacto suero aumentan de forma considerable la carga contaminante del vertido final, un caso especial es el lacto suero que representa un 80 y un 90 % del volumen total de la leche utilizada en la fabricación de queso, y que contiene alrededor del 50% de los nutrientes iniciales de la misma, por lo que, el volumen de lacto suero que no se recoja, pasara a formar parte de las aguas residuales. Los vertidos finales contienen un importante contenido orgánico

fundamentalmente proteico (caseína), lactosa y ácido láctico además de una alta conductividad eléctrica.

Los sistemas de depuración de las aguas residuales deben ser aquellos que garanticen el cumplimiento de los límites establecidos por la legislación en función del punto al que vierte la empresa, siendo de ésta el compromiso para encontrar soluciones adecuadas e inmediatas que sean técnicamente relevantes por su eficiencia y comercialmente disponibles.

ANTECEDENTES

La provincia de Pastaza se localiza al centro de la Región Amazónica Ecuatoriana entre las coordenadas geográficas 1°10 Latitud Sur y 78° 10 de Longitud Oeste; 2° 35 de Latitud Sur y 76° 40 de Longitud Oeste. Puyo es su capital provincial y tiene una extensión de 29.520 Km², sus límites son Norte: Provincias de Napo y Orellana– Sur: Provincia de Morona Santiago – Este: Perú – Oeste: Provincias de Tungurahua y Morona Santiago.

La Planta Procesadora de Lácteos Asociación Unión Libre se encuentra ubicada en la parroquia 10 de Agosto, la misma que está en la vía Puyo-Arajuno, al Este de la parroquia Puyo, a nueve kilómetros de distancia de la Capital Provincial.

La Planta fue creada el 10 de Agosto de 1991, con el objetivo de impulsar la producción ganadera en la región debido a la poca cantidad de producción de leche.

En sus inicios se producía quesos de manera artesanal con una producción de 90 a 100 litros de leche al día, con lo que se empezó a mejorar la producción de leche mediante la mejora genética del ganado, de técnicas de manejo y de nutrición animal.

En la actualidad se trabajan con 1100 litros de leche al día para producir quesos de mesa y mozzarella, y mediante un financiamiento se ha logrado expandir la planta tecnológicamente para producir leche pasteurizada de funda y yogurt, aumentando la producción de materia prima a unos 5000 litros de leche al día.

Con esto se espera expandir el mercado no solo a la ciudad de Puyo sino a las provincias vecinas como Napo y Morona Santiago, tanto con quesos como con leche en funda y yogurt.

Por razones de tipo normativo y legal que implementa el Ministerio del Ambiente obliga a la Planta y a los socios a operar bajo una Licencia o Permiso ambiental, esto depende del análisis que los inspectores del Ministerio del Ambiente deben realizar en la planta.

JUSTIFICACIÓN

Ante el requerimiento o pedido legal que establece la ley de ambiente del país se necesita un tratamiento de descargas líquidas por lo que la empresa se ve obligada a tener su sistema de tratamiento de aguas residuales, con lo cual justificamos el desarrollo de la propuesta de tratar el presente tema de estudio.

La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre, la búsqueda de métodos para cuidarlos y recuperarlos, para que puedan ser aprovechados por los seres vivos; de aquí que la conservación del agua como uno de los recursos de vital importancia para el hombre, sea uno de los principales objetivos.

La evaluación de la calidad de agua se lleva a cabo utilizando 3 indicadores: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). La DBO determina la cantidad de materia orgánica biodegradable, la DQO mide la cantidad total de materia orgánica.

El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos.

Es por esta razón que la Planta Procesadora de Lácteos Asociación Unión Libre pretende implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a la gran contaminación del agua no sólo por las industrias crecientes en el Cantón Pastaza, ya que así se está contribuyendo al cumplimiento de las normativas ambientales, por lo que en este trabajo se buscara el método más adecuado para realizar un tratamiento que nos permita obtener un efluente adecuado para su ubicación en las respectivas redes de vertido y sobre todo con la conservación de este recurso que es de vital importancia en la población de Pastaza.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un Sistema de Tratamiento de Aguas residuales para la Planta Procesadora de Lácteos Unión Libre de la Parroquia 10 de agosto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua residual de las descargas líquidas que se originan en la planta.
- Identificar los parámetros contaminantes reportados en el análisis de caracterización del agua residual.
- Realizar pruebas de tratabilidad para los contaminantes del agua residual.
- Diseñar el sistema de tratamiento de agua residual (cálculos de ingeniería, dimensionamiento de la planta, tipología de materiales y control; y requerimiento presupuestario).
- Validar el diseño propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Materias primas usadas en la industria láctea

Las principales materias primas utilizadas en la industria láctea son: leche entera, azúcar, sal, frutas, mermeladas, saborizantes, fermento, enzimas y bacterias entre otras. Los insumos auxiliares son cloro, ácidos y bases, detergentes, etc.

1.1.1 La leche

“La leche es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a un tratamiento posterior previo a su consumo” (Normalización, 2012)

Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco, de sabor dulce y pH cercano a la neutralidad

La leche presenta tres fases; una es una emulsión de materia grasa bajo forma globular; la segunda una suspensión de materias proteicas en un suero constituido por una solución verdadera que contiene, principalmente, lactosa y sales minerales.

La leche es isotónica con la sangre; es decir ambas presentan la misma molalidad de 0.3 y consecuentemente la misma presión osmótica. Esta característica se debe, en el caso de la sangre, a la concentración de los iones sodio y cloro, y en el de la leche a la lactosa y a las sales disueltas, como cloruro de sodio y de potasio; por esta razón, a medida que aumenta el contenido del disacárido, generalmente disminuye el de cloruros.

1.1.1.1. Características organolépticas

Aspecto:

La leche fresca es de color blanco aporcelanado, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido grasa presenta un blanco con ligero tono azulado.

Olor:

Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la guarda; una pequeña acidificación le da un olor especial al igual que ciertos contaminantes.

Sabor:

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas.

*1.1.1.2. Propiedades físicas***Densidad:**

La densidad de la leche puede fluctuar entre 1.028 a 1.034 g/cm³ a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0.0002 g/cm³ por cada grado de temperatura. La densidad de la leche varía entre los valores dados según sea la composición de la leche, pues depende de la combinación de densidades de sus componentes, que son los siguientes:

Tabla 1-1: PROPIEDADES DE LA LECHE

COMPONENTE	DENSIDAD
Agua	1.000 g/cm ³ .
Grasa	0.931 g/cm ³ .
Proteínas	1.346 g/cm ³ .
Lactosa	1.666 g/cm ³ .
Minerales	5.500 g/cm ³ .

FUENTE: TELLEZ Avilar, Producción de leche

pH de la leche:

La leche es de característica cercana a la neutra. Su pH puede variar entre 6.5 y 6.65. Valores distintos de pH se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria, por la cantidad de CO₂ disuelto; por el desarrollo de microorganismos, que desdoblán o convierten la lactosa en ácido láctico; o por la acción de microorganismos alcalinizantes.

Acidez de la leche:

Una leche fresca posee una acidez de 0.15 a 0.16%. Esta acidez se debe en un 40% a la anfoteridad, otro 40% al aporte de la acidez de las sustancias minerales, CO₂ disuelto y acidez orgánicos; el 20% restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos presentes. La acidez de la leche puede determinarse por titulación con NaOH 10N o 9N.

Viscosidad:

La leche natural, fresca, es más viscosa que el agua, tiene valores entre 1.7 a 2.2 centipoise para la leche entera. La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura hasta alrededor de los 70°C, por encima de esta temperatura aumenta su valor.

Punto de congelación:

El valor promedio es de -0.54°C (varía entre -0.513 y -0.565°C). Como se precia es menor a la del agua, y es consecuencia de la presencia de las sales minerales y de la lactosa.

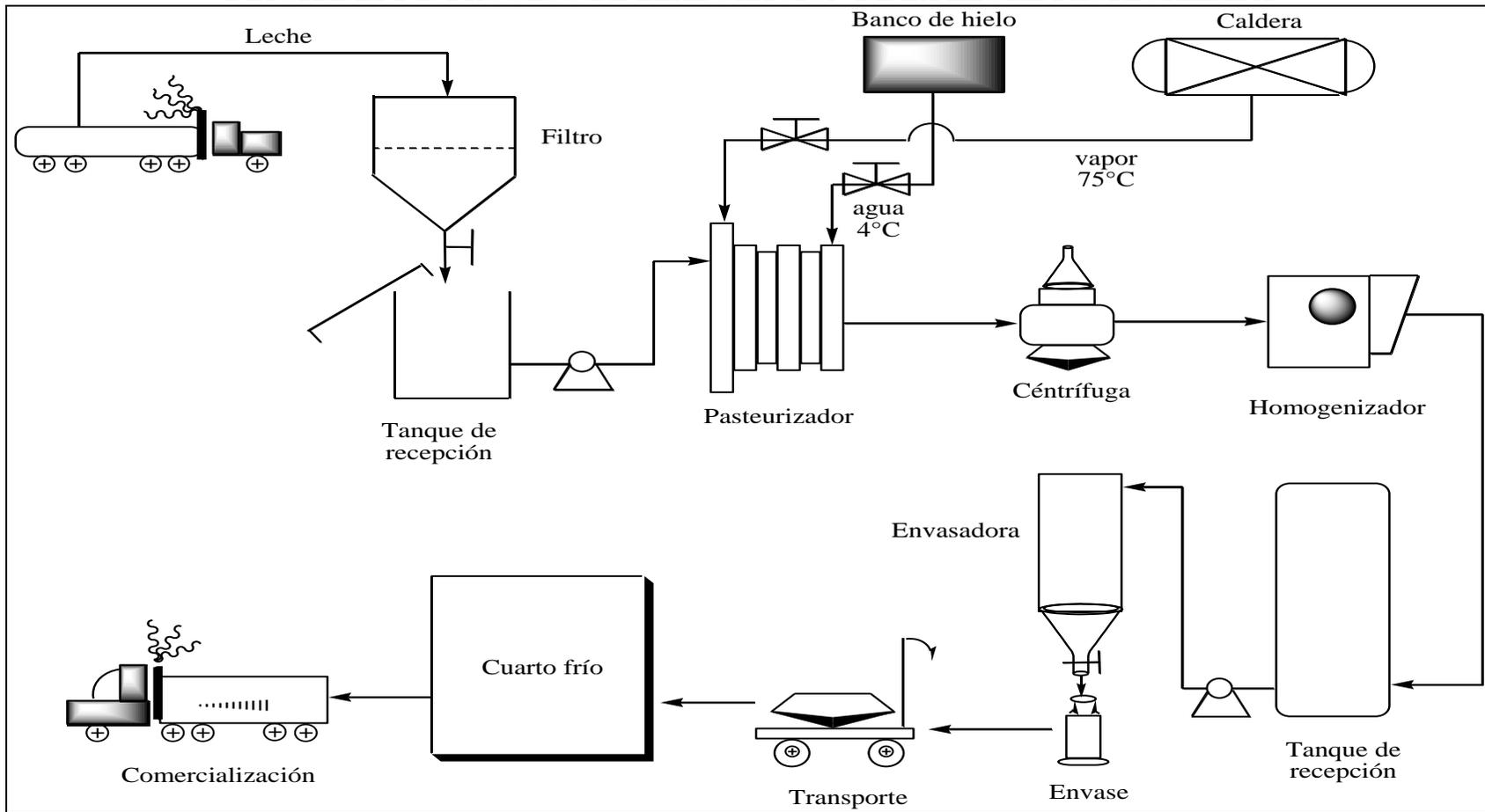
Punto de ebullición:

La temperatura de ebullición es de 100.17°C.

Calor específico:

La leche completa tiene un valor de 0.93 - 0.94 cal/g °C, la leche descremada 0.94 a 0.96 cal/g °C.

DIAGRAMA 1-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA LECHE PASTEURIZADA



FUENTE: TELLEZ Avilar, Producción de leche

1.1.2. Derivados de la leche

1.1.2.1. Queso

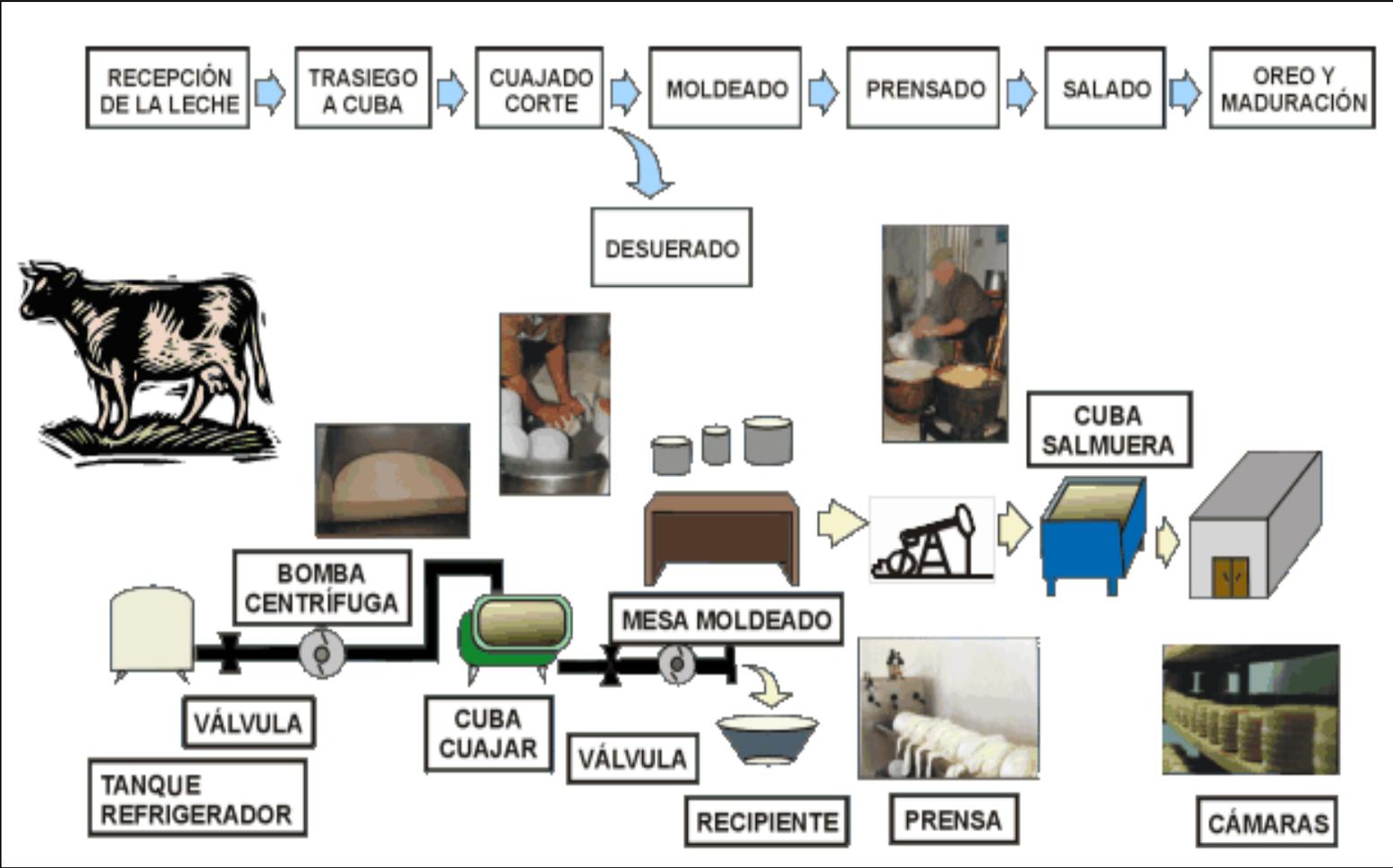
El Queso es un producto alimenticio sólido o semisólido que se obtiene separando los componentes sólidos de la leche. Cuanto más suero se extrae más compacto es el queso. El queso se elabora desde tiempos prehistóricos a partir de la leche de diferentes mamíferos, incluidos los camellos y los alces. Hoy en día, sin embargo, la mayoría de los quesos son de leche de vaca, a pesar del incremento que ha experimentado en los últimos años la producción de quesos de cabra y oveja.

Es un elemento importante en la dieta de casi todas las sociedades porque es nutritivo, natural, fácil de producir en cualquier entorno, desde el desierto hasta el polo, y permite el consumo de leche en momentos en que no se puede obtener.

Esquema tecnológico de la elaboración del queso

1. Recepción
2. Tratamientos previos a la leche, entre los que se incluyen des aireación
3. Depósito de retención
4. Bactofugación
5. Pasterización
6. Adición de fermento, Coagulación
7. Separación parcial del suero.
8. Llenado de moldes y prensado previo.
9. Moldeado.
10. Prensado.
11. Salado
12. Maduración

DIAGRAMA 2-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO



FUENTE: TELLEZ Avilar, Producción de leche

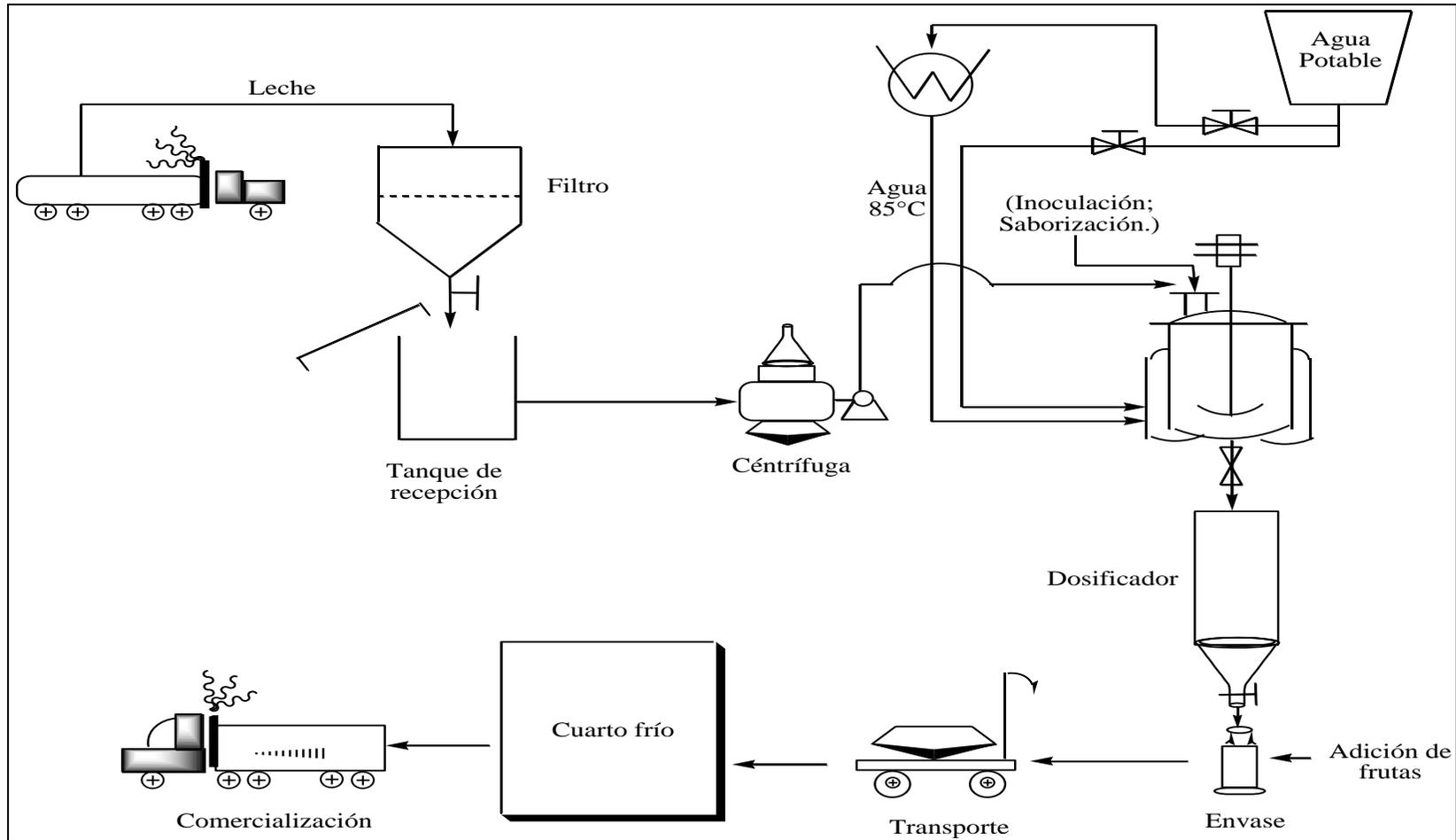
1.1.2.2. Yogurt

El yogur es un producto lácteo coagulado obtenido por fermentación láctica, a partir de leche pasteurizada entera, parcialmente descremada, leche en polvo entera, parcialmente descremada o descremada o una mezcla de estos productos. Según el Nuevo Reglamento Sanitario de los Alimentos, en la elaboración de yogurt se utilizarán los siguientes compuestos: aromatizantes naturales (miel, frutas, cacao, nueces, café, chocolate, especias y otros saborizantes autorizados); azúcar y/o edulcorantes autorizados y aditivos autorizados (preservantes, estabilizantes, colorantes).

El yogurt es un derivado de la leche que se obtiene al añadir a la leche hervida, entera o desnatada los fermentos que degradan la lactosa y la transforman en ácido láctico. Si bien el calcio es el que desempeña las funciones de gran estandarte de identidad del yogurt a secas -sin añadidos adicionales-, éste también contiene proteínas, grasas graduales, hidratos de carbono -con predominio de la lactosa-, vitaminas del tipo A y B, niacina y ácidos pantoténico y fólico difíciles de encontrar en otros alimentos, así como diferentes minerales, además de fósforo, potasio, magnesio, cinc y yodo, nutrientes que son de elevada biodisponibilidad.

El yogurt es un producto obtenido por coagulación de la leche, por acción de bacterias lácticas específicas, las que dan al yogurt sus características de sabor y olor.

DIAGRAMA 3-1: PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT



FUENTE: TELLEZ Avilar, Producción de leche

1.2. Contaminación del agua

La contaminación hídrica o contaminación del agua es una modificación generalmente, provocada por el hombre, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.

Si bien la contaminación de las aguas puede provenir de fuentes naturales (como por ejemplo la ceniza de un volcán), la mayor parte de la contaminación actual proviene de actividades humanas. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad serán distintos para lagos y embalses que para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o arena y grava.

1.2.1. Definición del agua residual

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

1.2.2. Clasificación de las aguas residuales

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

A. “Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos como baños, cocinas, lavanderías, etc. Consisten esencialmente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

El agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

B. Industriales: son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de transformación, manipulación o producción se utilice el agua incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas residuales.

C. Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.” (Blazquez Pamela, 2010)

FIGURA 1-1: CLASIFICACIÓN DEL AGUA RESIDUAL



Fuente: ROMERO J, 2006 Calidad del Agua

1.2.3. Contaminación característica de la industria

Los contaminantes del agua se clasifican en tres categorías: Químicos, Físicos y Biológicos.

“Los contaminantes químicos comprenden tanto productos químicos orgánicos como inorgánicos. El aspecto fundamental resultante de la contaminación por compuestos orgánicos es la disminución de oxígeno como resultante de la utilización del existente en el proceso de degradación biológica de dichos compuestos, esta disminución de oxígeno disuelto lleva a perturbaciones indeseables del medio y de la biota en ella asentada. En el caso de la contaminación derivada de la presencia de compuestos inorgánicos, el resultado más importante es su posible efecto tóxico, más que la disminución en oxígeno. Sin embargo, hay casos en los cuales los compuestos inorgánicos presentan una demanda de oxígeno, contribuyendo a la disminución del mismo. Los sulfitos y nitritos, por ejemplo, toman oxígeno para oxidarse a sulfatos y nitratos respectivamente.” (RAMALHO, 1993)

“Algunos contaminantes físicos incluyen: Cambios térmicos (contaminación térmica). Es el caso de aguas procedentes de plantas industriales, relativamente calientes después de haber sido utilizadas en los intercambiadores (enfriadores). El color (por ejemplo, los licores negros que se descargan procedentes de las plantas de fabricación de pastas químicas). Turbidez (originada por la descarga de aguas que contienen sólidos en suspensión). Espumas (detergentes tales como sulfonatos de alquilbenceno –SAB- constituyen una causa importante de formación de espumas). Radiactividad.

Los contaminantes biológicos son los responsables de la transmisión de enfermedades en las aguas de abastecimiento. Algunas de las enfermedades que se transmiten por contaminación biológica son el cólera, las tifoideas, paratifoideas, etc” (RAMALHO, 1993)

1.2.4. Características de las aguas residuales industriales

Antes de considerar las características físicas, químicas y biológicas, es conveniente realizar la caracterización del agua residual.

1.2.4.1. Características físicas

a) Color

El color en las aguas residuales está relacionado con su condición que se refiere a la edad del agua residual. Cuando la presencia de color en el agua es provocada por una materia suspendida se denomina color aparente, y una vez eliminado ese color, el restante se le conoce como verdadero. Las aguas que contienen una coloración debida a sustancias naturales en descomposición no son consideradas toxicas y tienen una coloración amarillo pardo, lo que es antiestético.

b) Olor

La mayoría de los olores presentes en las aguas residuales son debidos a gases producidos o liberados productos de bio transformación de materia orgánica generalmente se deposita en el fondo de estanques o de contenedores creando condiciones propicias para que los organismos anaerobios (bacterias) produzcan gases.

c) Temperatura

Es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual, Comúnmente el agua residual es mayor que la del suministro debido a las descargas calientes, influye marcadamente en las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua ya que afecta a la fauna y flora acuáticas, la velocidad de reacción bioquímica y la transferencia de gases.

d) Sólidos

Son uno de los parámetros físicos más importantes en sus diferentes formas, materia flotante, suspendida, coloidal y disuelta. Los sólidos del agua residual son todos los compuestos que quedan en el recipiente al evaporar el agua a una temperatura entre 100 y 105 °C. La base para seleccionar correctamente el proceso de clarificación del agua residual está en conocer la cantidad y tamaño de los sólidos en el agua.

e) Densidad

“La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen; es una característica física de gran importancia a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de

tratamiento. La densidad del agua residual que no contiene cantidades significativas de desecho es prácticamente de igual valor a la del agua a una misma temperatura.”

f) Conductividad

La conductividad es una expresión numérica de la habilidad que tiene una solución acuosa para conducir corriente eléctrica. Que depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia y concentraciones relativas y de la temperatura de la medición.

g) Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, impidiendo su transmisión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre turbiedad y la concentración de sólidos en suspensión del agua no tratada.

1.2.4.2. Características químicas

a. pH

La expresión usual para medir la concentración del ion hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno.

$$pH = - \log_{10} [H^+] \quad \text{Ecuación. 1}$$

El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

La concentración del ion hidrógeno en el agua está estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua. Se mide en forma instrumental empleando un pH metro, también se emplea soluciones y papeles indicadores que cambian de color a diferentes valores de pH, y estos deben ser comparados con el color de series normalizadas.

b. Nitrógeno

Dado que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes o bio estimuladores, ya que el nitrógeno es fundamental para la síntesis de proteínas, es importante conocer datos sobre su presencia para evaluar si el tratamiento del agua residual por medio de procesos biológicos. Cuando existan casos en los que la concentración del nitrógeno sea insuficiente será necesario adicionarlo para lograr que el agua residual sea tratable.

c. Fósforo

El fósforo también es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Actualmente el interés por limitar la cantidad de compuestos de fosforo en las aguas superficiales provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural se debe a la nociva proliferación incontrolada de algas en aguas superficiales.

d. Alcalinidad

La alcalinidad del agua residual se debe a la presencia de carbonatos y bicarbonatos y de hidróxidos de elementos como el sodio, potasio, calcio, magnesio o el amoníaco. La alcalinidad es la que permite regular los diferentes cambios de pH. Es importante conocer su concentración ya que nos permite determinar la capacidad del agua para neutralizar ácidos.

e. Cloruros

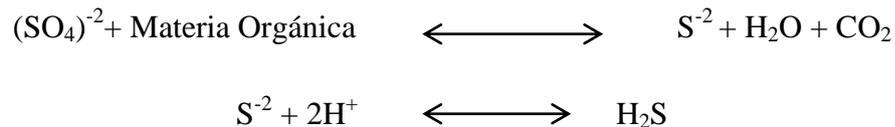
Los cloruros se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas en las que hacen contacto, siendo otras fuentes las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas a las aguas superficiales.

El ion cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio Iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un tratamiento final.

f. Azufre

El ion sulfato se encuentra en forma natural tanto en las aguas de abastecimiento como en las aguas residuales. Para la síntesis de proteínas, el azufre es un elemento importante y por eso es liberado cuando ocurre la degradación de las mismas.

Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuro de hidrógeno (H₂S) por la acción bacteriana en condiciones anaerobias:



El sulfuro de hidrógeno que es liberado en las alcantarillas puede oxidarse biológicamente a ácido sulfúrico el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado.

g. Metales

Los metales son constituyentes de muchas aguas y también se encuentran en niveles de trazas. Entre los principales están el níquel, el plomo, el manganeso, el cromo, el zinc, el cadmio, el cobre, el hierro y el mercurio, muchos de los cuales se encuentran catalogados como contaminantes. Algunos de ellos son muy importantes para el desarrollo de la vida biológica y su ausencia puede limitar el crecimiento de algas. La determinación de metales se puede realizar por métodos instrumentales como la espectroscopia de absorción atómica, etc.

h. Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), y el metano (CH₄). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

i. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno es usado para medir la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia.

j. Demanda química de oxígeno (DQO)

Es el volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación. Esta prueba es usada para medir de la concentración de materia orgánica en el agua residual.

k. Tenso activos

Los tensos activos o son moléculas grandes ligeramente solubles en agua y con capacidad de formar espuma en las plantas de tratamiento o la superficie del agua donde se realice la descarga que las contenga. Durante la aireación se forma una espuma bien estable debido a estos compuestos se depositan sobre la superficie de las burbujas de aire. La toxicidad del tenso activo representa un peligro para la flora y fauna acuáticas, pueden contaminar los suelos y afectar a los cultivos.

l. Aceites y grasas

Como aceites y grasas se consideran todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, como sebo, aceites y ceras y otros constituyentes que al ser inmiscibles con el agua, y son de los más estables a descomposición por bacterias. Ocasionan muchos problemas en los sistemas de recolección y tratamiento y afectan también a la actividad biológica en aguas superficiales ya que están en flotación y combinados con los residuos sólidos forman una película o emulsión que impiden el intercambio de gases en la superficie del agua al no permitir el paso libre del oxígeno ni la salida del CO₂, a las capas de grasas se les reconoce fácilmente ya que se observa un brillo gris sobre la superficie de la misma.

m. Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles son aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100°C y/o una presión de vapor mayor de 1 mm Hg a 25°C., el vertido de estos compuestos a la red de alcantarillado y a las plantas de tratamiento, es de gran importancia ya que puede afectar a la salud de los trabajadores de forma directa ya que una vez que los compuestos se encuentran en estado gaseoso son mucho más móviles, con lo cual aumenta la posibilidad de ser liberados al ambiente, además contribuyen al aumento de hidrocarburos reactivos en la atmósfera, lo cual puede conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos.

1.2.5. Vertidos de las industrias lácteas.

“Estas aguas están constituidas en su mayor parte por diferentes diluciones de leche entera, leche tratada, mantequilla y suero de derrames obligados o accidentales; derrames que llegan al sistema de aguas residuales debido a un deficiente diseño o funcionamiento del proceso; restos de lavados que contienen productos químicos, alcalinos u otros utilizados para limpiar la leche de los recipientes, lo mismo que restos parcialmente caramelizados de depósitos. Las aguas residuales de las industrias lácteas, son generalmente, neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche transformándose en ácido lácteo. Las aguas residuales del proceso de la leche contienen muy poco material en suspensión (excepto el cuajo encontrado en las aguas residuales de la fabricación de queso), y sus efectos contaminantes son debidos a la demanda de oxígeno que se impone a la corriente receptora. Las aguas tienen un alto contenido en materia orgánica disuelta y por ello tienden a fermentar y tiene un olor fuerte, pero responde muy bien al tratamiento biológico. Los procesos aeróbicos son los más convenientes, pero la selección final del método de tratamiento depende de la colocación y del tamaño de la planta. Los seis métodos más convencionales y más efectivos que se utilizan son: aeración, filtros bacterianos, fangos activos, riego, lagunaje y digestión anaeróbica. Cuando hay una amplia variación en el caudal y concentración de materias contaminantes en los vertidos, es conveniente prever un período de homogeneización y retención para hacer a las aguas residuales uniformes antes del tratamiento. Es deseable dar una aeración, ya como método e tratamiento o como un pre tratamiento antes de los procesos biológicos. La aeración durante un día produce normalmente una reducción del 50 % de la DBO y elimina los olores durante la conversión de lactosa en ácido. El proceso de fangos activados ha demostrado ser un método útil para el tratamiento completo de las aguas residuales. El sistema se basa en producir la concentración de unos fangos adaptados por medio de una aeración. La flora y la fauna en los fangos activos, cuando tienen aire suficiente, oxidan los sólidos disueltos orgánicos en las aguas residuales. Los fangos en exceso se precipitan y se retornan posteriormente a las unidades de aeración.” (Da Cámara Lesly)

1.2.6. Niveles de tratamiento de aguas residuales

El grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente. A continuación se indica una clasificación convencional de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento primario se emplea fundamentalmente para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes, impuesta por los límites, tanto de descarga al medio receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario, bien directamente o pasando por una neutralización u homogenización. Aquí se puede emplear los tratamientos primarios

- Cribado o desbrozo
- Sedimentación
- Flotación
- Separación de aceites
- Homogenización
- Neutralización

El tratamiento secundario comprende tratamientos biológicos convencionales como:

- Lodos activos
- Aireación prolongada
- Estabilización por contacto
- Otras modificaciones del sistema convencional de lodos activos: aireación por fases, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación con oxígeno puro
- Lagunaje con aireación
- Estabilización por lagunaje
- Filtros biológicos (percoladores)
- Discos biológicos
- Tratamientos anaerobios: procesos de contacto, filtros (sumergidos)

En cuanto al tratamiento terciario se objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales.

- Micro tamizado
- Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas, etc.)
- Precipitación y coagulación
- Adsorción (carbón activado)
- Intercambio iónico
- Ósmosis inversa
- Electrodiálisis
- Cloración y ozonización
- Procesos de reducción de nutrientes
- Otros

1.3. Diseño del sistema de tratamiento

En los últimos tiempos ha aumentado el interés por el medio ambiente y por tratar de que el agua residual industrial ya no se descargue directamente al alcantarillado sino que tenga un tratamiento previo. La Planta de lácteos 10 de Agosto requiere de un sistema de tratamiento apropiado para lo cual se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, que son necesarios para proteger la salud de los habitantes y proteger el ambiente de la contaminación.

Las etapas de tratamiento de aguas residuales a considerar para industrias lácteas se basan en: pre-tratamiento o tratamiento preliminar y de un tratamiento primario.

1.3.1. Caudal

La determinación de los caudales de agua residual a eliminar es fundamental a la hora de proyectar las instalaciones para su recogida, tratamiento y evacuación, con esto podemos obtener un diseño adecuado a las necesidades que se presentan. En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.

Para la determinación del caudal podemos utilizar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{Ecuación. 2}$$

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Volumen (m³)

t= Tiempo (s)

1.3.2. Diseño del canal

El diseño del canal es importante ya que nos ayuda luego en el dimensionamiento de las rejillas que van situadas en el mismo.

El área del canal se calcula con la siguiente ecuación asumiendo el valor de la velocidad de aproximación según la Norma RAS 2000, como se muestra en el Anexo A.1

$$A = \frac{Q}{v} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

A= Área del canal m²

Q= Caudal m³/s

v= Velocidad m/s, en general la velocidad media de 0,6m/s y máxima de 1.4m/s

Altura del agua.

La altura del agua asumimos el ancho del canal.

$$h = \frac{A}{w} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

h= Altura del agua m

A= Área del canal m²

w= ancho del canal m

Altura del canal

Se calcula a través de la formula

$$H = h - h_s$$

Ecuación 5

Dónde:

H= Altura del canal m

h= Altura del agua m

h_s =Altura de seguridad m

1.3.3. Rejillas

El propósito fundamental de los dispositivos de cribado es proteger a las bombas y otros equipos electromecánicos y prevenir el atascamiento de válvulas. Por este motivo la primera operación que se lleva a cabo en el influente de agua residual es el cribado.

Las aguas residuales llegan por gravedad, son conducidas por el emisor, hasta el lugar donde será construida la planta de tratamiento de aguas residuales. Los materiales sólidos y bastos, tales como cáscaras de fruta, harapos, palos, trozos de papel y madera que frecuente e inexplicablemente encuentran su destino en el sistema de alcantarillado, se separan pasando las aguas a través de rejillas, hechas con varillas de hierro paralelas.

El emparrillado de las rejillas, que es su estructura funcional, está inclinado con respecto al piso del canal donde se instalan y puede ser de dos tipos generales: de limpieza manual y de limpieza mecánica.

Cálculo de la Longitud de las varillas

Para esto usamos una inclinación de 50°

$$\sin 50^\circ = \frac{H}{L} \quad \text{Ecuación.6}$$

$$L = \frac{H}{\sin 50^\circ} \quad \text{Ecuación. 7}$$

Dónde:

L= Longitud de las barras

H= Altura del canal

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras

$$bg = \left(\frac{w-e}{s+e} + 1 \right) e \quad \text{Ecuación. 8}$$

Dónde:

b_g = Suma de las separaciones entre barras, mm

w= Ancho del canal, mm

e= Separación entre barras, mm

s= Espesor de las barras, mm

Cálculo del número de barras

$$n = \frac{w}{e+s} \quad \text{Ecuación. 9}$$

Dónde:

n= Número de varillas

w= Ancho del canal, mm

e= Separación entre barras, mm

s= Espesor de las barras, mm

Cálculo de Pérdidas de carga a través de las rejillas

$$hf = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \sin \theta \quad \text{Ecuación. 10}$$

Dónde:

h_f = Diferencia de alturas antes y después de las rejillas, m

s = espesor máximo de las barras, m

e = Separación entre las barras, m

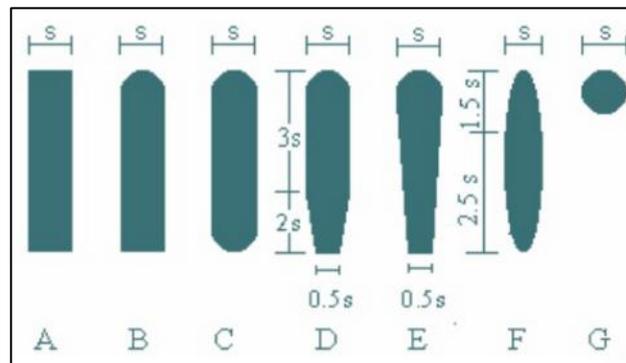
$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja, m

θ = Angulo de inclinación de las barras

β = Factor dependiente de la forma de las barras.

Donde β debe obtenerse con el Anexo A.2 y la figura siguiente.

FIGURA 2-1: DIFERENTES FORMAS DE REJILLAS



Fuente: Normas RAS 2000, Título E, Pp. 51

1.3.4. Trampa de grasa

Las trampas de grasa son pequeños tanques de flotación natural, en donde los aceites y las grasas, con una densidad inferior a la del agua, se mantienen en la superficie del tanque para ser fácilmente retenidos y retirados.

Estas unidades se diseñan en función de la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica (TRH), ya que todo dispositivo que ofrezca una superficie tranquila, con entradas y salidas sumergidas (a media altura), actúa como separador de grasas y aceites.

Las trampas de grasa deben ubicarse lo más cerca posible de la fuente de generación de estas sustancias y antes del sedimentador primario. Esta ubicación evitará obstrucciones en las tuberías de drenaje y generación de malos olores por adherencias en los tubos o accesorios de la red. Nunca deben conectarse aguas sanitarias a las trampas de grasas.

Para estimar el caudal de diseño de la trampa de grasa, deben tenerse en cuenta las unidades de gasto de cada artefacto sanitario que se conectará a la unidad.

Deben asumirse las unidades de gasto, por cada grifo de cada artefacto sanitario. Una vez se tenga la contabilidad, se aplicará la siguiente expresión:

$$Q_{diseño} = 0.3\sqrt{\sum U} \quad \text{Ecuación.11}$$

Dónde:

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño de la trampa de grasa L/s

U = Total de grifos de los artefactos conectados a la trampa de grasa.

Para el cálculo del volumen de la trampa de grasa empleamos la siguiente relación:

$$Q_{tg} = \frac{V}{t_r} \quad \text{Ecuación. 12}$$

$$V = Q_{tg} \times t_r \quad \text{Ecuación. 13}$$

Dónde:

V = Volumen de la trampa de grasa

Q_{tg} = Caudal para la trampa de grasa

t_r = Tiempo de retención (3 minutos), anexo A 3

1.3.5. Coagulación- floculación

La floculación se define como una lenta agitación en el agua para permitir el crecimiento de floc. Este crecimiento es inducido por el contacto de partículas de diámetro mayor de una micra (1 m), el contacto de partículas se crea por el gradiente de velocidad de la masa líquida.

Los dos objetivos básicos que se persiguen con la floculación son:

- Reunir los micro flóculos para formar partículas mayores con peso específico superior al agua.

- Compactar el floc (disminuyendo su grado de hidratación) para producir una baja concentración volumétrica, que permita una alta eficiencia en la fase de separación (sedimentación – filtración).

Este tratamiento físico químico tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO₅ y del 30 al 40% de la DQO.

Existen diferentes tipos de floculadores, como se explica en la siguiente tabla:

Tabla 2-1: CLASIFICACIÓN DE LOS FLOCULADORES

Según la energía de agitación	Según el Sentido de Flujo	Descripción	Nombre
Hidráulicos	Flujo Horizontal	Con tabiques de ida y regreso	De tabiques
	Flujo Vertical	Con tabiques arriba y abajo del tanque	
		Con codos en el fondo que proyectan el agua arriba y abajo	
		Con entrada lateral al tanque	Cox
Mecánicos	Rotatorios	De paletas de eje horizontal o vertical	De Paletas
		De turbinas Horizontales o verticales	De turbinas
	Reciprocantes	Rejas o cintas oscilantes	Reciprocantes
Hidromecánicos	Flujo horizontal	De turbina Pelton y paletas Horizontales	Hidromecánicos

Fuente: Arboleda J., Teoría y Práctica de la purificación del agua. Pp 128

Dimensionamiento del floculador

Para diseñar el floculador debemos tener en consideración lo siguiente:

Área del Floculador

$$A = \frac{Q}{Cs} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

A= Área. m^2

Q= Caudal a tratar en el floculador, m^3/d

Cs= Carga superficial, m^3/m^2d

Para calcular las dimensiones internas del tanque se considera la relación ancho/largo entre $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{5}$, y con la siguiente ecuación:

$$A = Lg \times b \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

Lg= Largo del tanque floculador, m

b= Ancho del tanque floculador, m

Se aplica la relación largo ancho 1:2 se tiene:

$$Lg = 2b \quad \text{Ecuación 16}$$

Reemplazamos Lg en la ecuación 15, y se tiene:

$$A = 2b \times b \quad \text{Ecuación 17}$$

$$A = 2b^2 \quad \text{Ecuación 18}$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Ya calculado el ancho del tanque debemos calcular el largo mediante la ecuación 16

Seguidamente determinamos el volumen del floculador con la ecuación:

$$V = b \times Lf \times H \quad \text{Ecuación 20}$$

Dónde:

V= Volumen del floculador, m³

b= Ancho del floculador, m

Lf= Largo del Floculador, m

H= Altura del floculador, m

Posteriormente, proseguimos a calcular el tiempo de retención, con la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

Tr= Tiempo de retención, h

V= Volumen del floculador, m³

Q= Caudal a tratar, m³/h

Como sabemos al tratarse de un floculador mecánico necesitamos conocer la potencia con la cual van a girar las paletas, para esto utilizamos la siguiente ecuación:

$$P = G^2 \mu V \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

P =Potencia necesaria, W

G = Gradiente medio de velocidad s⁻¹

μ = Viscosidad dinámica, Ns/m²

V = Volumen del tanque, m³

A continuación determinamos el área de las paletas con la siguiente formula:

$$Ap = \frac{2P}{cd \times \delta \times v^3} \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

A_p = Área de las paletas, m^2

P = Potencia disipada, W

C_d = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

δ = Densidad el fluido, kg/m^3

v = Velocidad de las paletas, m/s

1.3.6. Sedimentador

La sedimentación es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Este es un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento de agua para conseguir su clarificación.

Para el diseño se debe determinar el área superficial de la unidad, que es el área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación:

$$A_s = \frac{Q}{v_s} \quad \text{Ecuación 24}$$

Dónde:

A_s = Área superficial del tanque sedimentador, m^2

Q = Caudal a tratar, m^3/h

v_s = Velocidad terminal, m/h

Los valores para la velocidad terminal se encuentran en los Anexos A. 4 y A.5.

El ancho del sedimentador se calcula mediante la relación ancho largo de 1/3, así:

$$b = \sqrt{\frac{A}{3}} \quad \text{Ecuación 25}$$

Con este valor se determina el largo del sedimentador con la siguiente ecuación.

$$Lg = 3b \quad \text{Ecuación 26}$$

Luego calculamos el volumen:

$$V = Lg \times b \times H \quad \text{Ecuación 27}$$

Dónde:

V= Volumen del tanque sedimentador, m³

Lg= Largo del tanque sedimentador, m.

b= Ancho del tanque sedimentador, m.

H= Altura del tanque sedimentador, m.

Según los criterios de diseño de la OPS la altura para el diseño de sedimentadores varía desde 1,5 a 2,5 m.

En el diseño del sedimentador es muy importante conocer el tiempo de retención hidráulico, para esto empleamos la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 28}$$

Dónde:

Tr= Tiempo de retención hidráulico, h.

V= Volumen, m³

Q= Caudal a tratar, m³/h

1.4. Normativa ambiental vigente (TULSMA)

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La investigación se fundamentará en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA), Libro VI, Tabla 11, Anexo 1, en el que establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.

1.4.1. Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación:

Tabla 3-1: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de oxígeno (5días)	D.B.O. ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (TOTAL)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40

Kjendahl			
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos Totales		mg/l	1600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<40
Tensoactivos	Sustancias activas a l azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Norma TULSMA, Libro VI, Anexo 1

Para el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento aplican las siguientes normas técnicas:

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Títulos E, Tratamiento De Aguas Residuales, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. Noviembre de 2000 (RAS 2000)
- Organización Panamericana de la Salud, Área de desarrollo sostenible y salud ambiental Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. Lima – Perú. 2005.
- Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Décima Parte (X). República del Ecuador. Subsecretaria de Saneamiento Ambiental, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.1992.

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Localización y duración del estudio

El estudio se realizó en la Planta Procesadora de Lácteos Asociación Unión Libre, en la provincia de Pastaza, en el cantón Pastaza, en la Parroquia de 10 de Agosto, que se encuentra ubicada a una altura de 924 msnm a 10 minutos de la ciudad de Puyo.

La planta cuenta con instalaciones que están distribuidas en, planta de producción, comedor, oficinas, bodega servicios higiénicos.

En la planta procesadora de elaboran principalmente queso de mesa y mozzarella el mismo que es distribuido en la ciudad de Puyo, además se tiene previsto implementar los procesos de elaboración de yogurt y leche pasteurizada en un futuro.

El periodo de estudio de las aguas provenientes de los diferentes procesos fue desde enero a junio de 2013, se tomaron muestras para realizar los análisis de acuerdo a los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro VI Anexo 1, Tabla 9, de manera que se pueda establecer el tratamiento más adecuado para las aguas residuales dependiendo de los resultados obtenidos mediante los cálculos de ingeniería.

2.2. Muestreo

2.2.1. Plan de muestreo

El muestreo es muy importante ya que es la primera puerta para realizar un estudio de caracterización de las aguas residuales, a más de que brinda una mayor confiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación que se realiza.

Primeramente se realizó un reconocimiento detallado de la planta para poder observar cual es el punto de salida de los efluentes que vienen de los diferentes procesos de la industria, para que en este sitio se realice la toma de muestras.

Se tomaron dos muestras por mes durante los cuatro meses de investigación realizando un muestreo compuesto, debido a que los efluentes son distintos en cantidad y calidad dependiendo de cada proceso durante la jornada diaria de trabajo, las muestras se

tomaron para los análisis físico químicos y para el tratamiento, lo que nos permite comparar los resultados. El volumen de las muestras para los análisis fue de 6000 ml.

2.2.2. *Número de muestras*

Aquí se tomaron cinco sub muestras de 150ml de cada proceso obteniendo un valor de 750ml cada hora iniciando desde las 8am que inicia la jornada de trabajo hasta las 4pm que termina. Para el llenado de los recipientes de 6 litros que se usaron para el análisis físico químico, primeramente reunimos cada una de las alícuotas debidamente homogenizadas hasta lograr obtener el volumen que necesitamos.

Para los análisis microbiológicos se llenó un recipiente plástico de 100ml debidamente esterilizado. Teniendo en cuenta que a todas las muestras se realizó un etiquetado con el número de muestra, nombre del responsable, fecha, hora, el pH y la temperatura del agua.

Para el transporte de las muestras se utilizó un cooler portátil con hielo para su conservación hasta llegar al laboratorio para sus respectivos análisis, teniendo siempre en cuenta las medidas de seguridad respectivas.

Tabla 4-2: CRONOGRAMA DE MUESTREO

Día	Hora								Total
04/02/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L
15/02/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L
01/03/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L
16/03/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L

Realizado por: Rivadeneyra A. 2013

2.2.3. *Medición del Caudal*

Para medir el caudal primeramente se utilizó un balde graduado, un cuaderno de apuntes y un cronómetro.

Aquí realizamos el método volumétrico que es la forma más sencilla de calcular los caudales pequeños con la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

Estas mediciones se llevaron a cabo durante 4 días de la semana tomando muestras cada 10 minutos durante toda la jornada de trabajo de la planta en las diferentes áreas de la misma. Así tenemos:

Tabla 5-2: CAUDALES MEDIDOS POR SECCIÓN

Sección	Caudal (L/s)
Recepción	0.5
Producción de queso, limpieza del área	2.2
Pasteurización	0,46
Limpieza tanque de recepción	0.13
Limpieza	0.25

Realizado por: Rivadeneyra A. 2013

2.3. Métodos y Técnicas

2.3.1. Métodos

Para empezar la investigación se realizó el debido reconocimiento de las instalaciones de la Planta, a través de un recorrido y la explicación del encargado para de este modo conocer la procedencia de los desechos líquidos generados. A continuación utilizando métodos de análisis cuantitativos se realizaron los análisis de agua residual, las cuales fueron efectuadas en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH.

Experimental

Este método se empleará tanto para la recolección de muestras como para el análisis físico químico del agua residual en el laboratorio, donde se mide los parámetros más importantes como son: pH, temperatura, turbiedad, DQO, DBO, grasas, sólidos sedimentables, sólidos totales, etc.

Además se usarán las pruebas de jarras y las curvas de sedimentación para llegar a determinar el coagulante más óptimo para el posterior diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta procesadora de lácteos asociación “UNION LIBRE”.

2.3.2. Técnicas

Los ensayos realizados en el agua residual, se enmarcan dentro de las normas y técnicas de la APHA / AWWA / WEF, ASTM, EPA, DIN, INEN con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los resultados y cumplir con las normas de control de calidad en los análisis y ofrecer resultados técnicamente confiables.

2.3.2.1. Recolección de muestras: ESTÁNDAR METHODS 2310 A Y B

Fundamento

Para la toma de muestras después del proceso de lavado y realizar las respectivas pruebas de caracterización

Procedimiento

Muestreo compuesto cada hora durante 4 horas recolectando 2 litros por cada hora y homogenizando teniendo 8 litros.

2.3.2.2. Técnicas y métodos de ensayo utilizados para el análisis físico químico del agua residual

Determinación de la Temperatura: Estándar methods / 2550 B

Fundamento

Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio

Procedimiento

- Introduce el bulbo del termómetro en la muestras
- Esperar unos segundos hasta que se estabilice
- Anotar el valor de la temperatura

Reporte

Grados centígrados.

Determinación del Potencial de Hidrogeno: PEE/05 APHA 4500 H⁺

Fundamento

Se basa en la capacidad de respuesta del electro de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H⁺

Procedimiento

- Calibrar el pH-metro.
- Coloque en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio.
- Sumerja los electrodos en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice.
- Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo.
- Enjuague el electrodo con agua destilada y repita los pasos dos primeros pasos sobre alícuotas sucesivas de muestras hasta valores en el que la diferencia de pH sea $<0,1$. Usualmente dos de tres cambios de volumen son suficientes.

Reporte

Medida directa

Determinación de sólidos sedimentables. PEE/56 APHA 2540 d

Fundamento

Los sólidos sedimentables de las aguas residuales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de peso (mg/L).

Procedimiento

- Colocar lentamente en el cono de Imhoff la muestra de agua a analizar previamente homogenizada.
- Dejar sedimentar por $\frac{1}{2}$ hora interviniendo de cuando en cuando, cautamente.
- Anotar el valor indicado

Reporte

Medida directa expresada en ml/L ó mg/L

Determinación de sólidos suspendidos totales. PEE/13 APHA 2540 d

Fundamento

Se filtra una muestra homogenizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio. El resultado retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 – 105 °C. El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.

Procedimiento

- Pesar el papel filtro tarado.
- Por medio de un embudo filtrar 50ml de agua residual.
- Una vez filtrada el agua, secar el papel filtro en una estufa por dos horas.
- Pesar el papel filtro seco con la muestra.

Reporte

Medida directa expresada en ml/L ó mg/L

Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). PEE/09 APHA 5220 D

Fundamento

Indica la cantidad de contaminantes que pueden oxidarse mediante un oxidante químico (dicromato potásico, etc.); estos contaminantes pueden ser materia orgánica e inorgánica.

Procedimiento

- Se enciende la placa calefactora
- Se pesan 0,44 de de HgSO₄ en 1 matraz para reflujo de 100ml.
- Se añaden 20ml de muestra.
- Se añaden 30 ml de solución de Ag₂SO₄ en H₂SO₄ y enfriar.
- Se añaden 12,5 ml de solución de (K₂Cr₂O₇) 0,25 N
- Se somete a reflujo durante 2 horas.
- La muestra se oxidada se diluye hasta 75ml con agua destilada y se deja enfriar.
- Se añaden 5 gotas del indicador ferroína.
- Se valora el exceso de dicromato con la sal de Mohr.

Reporte

Se expresa en mg de óxido por litro

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). PEE/46 APHA 5210 B

Fundamento

Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días.

Procedimiento

- En un balón colocar 500ml de agua aireada.
- Añadir 50ml de agua residual y 1ml de inóculo.
- Añadir 1ml de MgCl₂, de FeCl₃ de CaCl₂ y 2ml de solución buffer.
- Aforar con agua aireada y homogenizar la solución.
- Llenar 2 botellas de DBO con esta solución y taparlas.
- 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad.
- En la otra botella poner 1ml de MnSO₄ y 1ml de reactivo álcali-yoduro-ácido, tapar y dejar que repose.
- Titulamos con Na₂S₂O₃

Reporte

Se mide en mg/L

Determinación de aceites y grasas. PEE/42 APHA 5520 C

Fundamento

Este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierras de diatomeas, los cuales son extraídos en un soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo; siendo este valor de contenido de grasas y aceites.

Procedimiento

- Adicionar hexano al matraz de extracción y preparar el equipo Soxhlet.

- Controlar la temperatura del reflujo y extraer a una velocidad de 20 ciclos/hora durante un periodo de 4h.
- Una vez terminada la extracción retirar el matraz del equipo Soxhlet, y evaporar el disolvente.
- El matraz de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente.
- Pesarse el matraz de extracción y determinar la concentración de grasas y aceites recuperables.

Reporte

Se mide en mg/L

2.3.2.3. Determinación de las propiedades microbiológicas del agua

Determinación de coliformes fecales método HACH DR 2800

Fundamento

Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa.

Procedimiento

- Tomar una muestra de agua de 100mL.
- Dispensar un pad en la caja Petri estéril y saturar con el medio de cultivo m-ColiBlue24® Broth.
- Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.
- Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana

- Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.
- Tapar la caja Petri y etiquetarla con el número de muestra.
- Poner la caja Petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.

Reporte

UFC/100ml

Determinación de coliformes totales método HACH DR 2800

Fundamento

El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C.

El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado.

Procedimiento

- Tomar una muestra de agua de 100mL.
- Dispensar un pad en la caja Petri estéril y saturar con el medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth.
- Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.
- Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana
- Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.
- Tapar la caja Petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.

- Poner la caja Petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.

Reporte

UFC/100ml

2.3.2.4. Procesos de tratabilidad

Determinación del test de jarras

Fundamento

Es utilizado para determinar las dosis más efectivas de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, específicamente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente. Se puede utilizar también con objetivo de determinar las velocidades de sedimentación para el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial de agua cruda para la filtración directa.

Este método conlleva el ajuste del pH, selección del agente coagulante y de dosis adecuada, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior.

Procedimiento

- Se utiliza un dispositivo llamado floculador provisto de 4 puntos de agitación que permite agitar simultáneamente.
- Se coloca 1 L en cada uno de los vasos.
- Se adiciona coagulante (poli cloruro de aluminio) en distintas concentraciones.
- Se mantiene una agitación 65 y 150 RPM de 1 a 3 min para que la mezcla sea rápido y se disperse.
- Finalmente se cesa la agitación para que la disolución permanezca en reposo durante 10 ó 30 minutos y estos flóculos sedimenten.

- Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obteniendo como son turbidez y pH.

2.4. Datos Experimentales

2.4.1. Diagnóstico

En la planta procesadora de lácteos “Unión Libre” de la parroquia 10 de Agosto se procesan alrededor de 900 a 1200 litros de leche al día, los mismos que son procesados durante las ocho horas laborables usando agua en todos los procesos, esta agua residual que se elimina con cada proceso es vertida directamente al sistema de alcantarillado sin tener un tratamiento previo.

Una gran cantidad de residuos líquidos y sólidos son generados durante las distintas etapas de proceso en especial durante el lavado de utensilios, pisos, equipo, mesones, etc. Estos lavados se realizan para cada proceso y en el caso de la producción de queso en cada parada del pasteurizador.

De los diferentes procesos que se realizan en la planta la que más residuos líquidos y sólidos produce es la de elaboración de quesos, sobre todo en el proceso de desmoldado, esto se debe a que el suero que se genera no es recolectado de manera correcta y este se mezcla con las demás aguas de los otros procesos elevando de manera considerable los contenidos de DBO, DQO Y SST.

Siendo esta la realidad de la empresa se propondrá primero la recolección correcta del suero y una planta de tratamiento de aguas residuales de bajo costo y con un alto rendimiento en el tratamiento del agua residual y así disminuir la contaminación.

2.4.2. Datos experimentales

Tabla 6-2: UNIDADES DE GASTO POR SECTOR PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA

Localización	Unidades de Gasto
Recepción	2
Área de producción de quesos	2

Realizado por: Rivadeneyra A.

Tabla 7-2: DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

Determinaciones	Unidades	Resultados			Resultado Promedio	Valor límite Permisible TULSMA
		M1 13/02/013	M2 05/03/013	M3 16/03/013		
Temperatura	°C	17.32	17.04	17.22	17.19	<40
Ph	Und.	6.48	6.75	6.46	6.56	5-9
Turbidez	NTU	2427	1720	250	1465.67	-
Conductividad	µSiems/cm	11.81	12.53	11.42	11.92	-
Alcalinidad	mg/L	1020	<10	<10	-	-
Cloruros	mg/L	101,70	252	310	221.23	-
Grasas y Aceites	mg/L	2717.8	415.10	308.4	1147.10	100
DQO	mg/L	16560	17100	9816	14492	500
DBO	mg/L	11260	11628	6801.88	9896.63	250
Sólidos en Suspensión	mg/L	1010	-	48	529	220
Sólidos Disueltos	mg/L	4646	1823	996	2488.33	-
Sólidos Totales	mg/L	26620	5334	6448	12800.67	1600
Sólidos Sedimentables	mL/L	3822	12	30	1288	20

Realizado por: Rivadeneyra A.

2.4.3. Datos de los análisis microbiológicos del agua residual

Tabla 8-2: DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL

Parámetros	Expresados como	Resultados
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1200
Coliformes Totales	UFC/100ml	4900

Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Tabla 9-2: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS PARÁMETROS MÁS IMPORTANTES A CONSIDERAR

Determinación	Unidad	Resultado Promedio	Límite
Turbidez	NTU	1465.67	-
Grasas y Aceites	mg/L	1147.10	100
DBO	mg/L	9896.63	250
DQO	mg/L	14492	500
Sólidos en Suspensión	mg/L	529	220
Sólidos Totales	mg/L	12800.67	1600
Sólidos Sedimentables	mL/L	1288	20

Realizado por: Rivadeneyra A.

2.5. Determinación de las Dosificaciones por el Test de Jarra

2.5.1. Variación de la concentración de la cal

Se mantuvo constante la velocidad de agitación, variando la dosificación de la cal, tomando en cuenta que la turbidez del agua a tratar es de 1786.75 NTU y pH de 6.46

Tabla 10-2: DOSIFICACIONES DE CAL PARA ENCONTRAR EL PH ÓPTIMO DE TRATAMIENTO

Velocidad de mezclado			65RPM		
N° de jarra (1000ml)	pH del AR	Dosificación de cal (gr)	Tiempo de coagulación(min)	pH del AR tratada	Turbidez (NTU)
1	6.46	0.1	5	6.75	1580
2	6.46	0.2	5	6.99	1586
3	6.46	0.3	5	7.91	1591
4	6.46	0.4	5	8.56	1595
5	6.46	0.5	5	9.92	1603

Realizado por: Rivadeneira, A.

2.5.2. Variación de la concentración del coagulante

Se mantuvo constante la velocidad de agitación, variando la dosificación del coagulante, tomando en cuenta que la turbidez del agua a tratar es de 1591 NTU y pH de 6.46 el coagulante utilizado es el poli cloruro de aluminio al 25% (p/ v)

Tabla 11-2: VARIACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL COAGULANTE

Velocidad de mezclado				65RPM		
N° de jarra (1000ml)	pH del AR	Dosificación de cal (gr)	Dosificación de PCA al 25% (mL)	Tiempo de reposo (min)	pH del AR tratada	Turbidez (NTU)
1	7.91	0.3	0.6	30	9.01	513
2	7.91	0.3	0.8	30	8.76	404
3	7.91	0.3	1.0	30	8.53	318
4	7.91	0.3	1.2	30	8.48	232
5	7.91	0.3	1.4	30	8.31	38.2

Realizado por: Rivadeneira, A.

2.5.3. Influencia del pH en la coagulación química

Esta prueba se lo realizo con el fin de ver la influencia que tiene el pH en el proceso de coagulación química, teniendo en cuenta que la turbidez inicial es de 1786.75NTU y se utilizó (poli cloruro de aluminio 1000ppm), con variación de cal para modificar el pH.

Tabla 12-2: INFLUENCIA DEL PH EN LA COAGULACIÓN

Velocidad de mezclado			65RPM x 5 min	
Dosificación de cal (gr)	pH del AR a tratar	Tiempo de coagulación (min)	Producción de lodo (mL)	Turbidez (NTU)
0.1	6.75	50	700	8.11
0.2	6.99	40	530	6.90
0.3	7.91	30	56	6.10
0.4	8.56	25	105	6.79
0.5	9.92	20	120	6.95

Realizado por: Rivadeneira, A.

2.5.4. Prueba de sedimentación

En esta prueba se tomó los valores de la cantidad de sedimento y el tiempo que tardan en sedimentar los flóculos formados (poli cloruro de aluminio al 25% y 0.3 g/L de cal)

Tabla 13-2: PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

Volumen (mL)	Tiempo (min)
1000	0
900	1
800	1.20
700	1.50
600	2.20
500	2.50
400	3.30
300	4.10
200	5.60
150	8.90
140	10.10
130	11.50
120	13.25
110	15.10
100	20.15
90	25.39
89	45

Realizado por: Rivadeneira, A.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Diseño del sistema de tratamiento

3.1.1. Caudal de diseño.

Para una producción diaria de productos lácteos durante 8 horas de jornada diaria, se tiene un caudal de diseño para el dimensionamiento del sistema de tratamiento del agua residual para la Planta de lácteos Asociación Unión Libre.

Con los valores obtenidos de la medición directa tenemos un caudal de:

$$Q = 3.55 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{8h}{1d}$$

$$Q = 102,24 \frac{m^3}{d}$$

Área del canal:

Esto calculamos a partir de la ecuación 3

$$A = \frac{Q}{v}$$

Norma RAS 2000 (0.6m/s), Anexo A: 1

$$A = \frac{0.00355}{0.6}$$

$$A = 0.00591m^2$$

Calculamos la Altura del agua, según la ecuación 4

$$h = \frac{A}{w}$$

Asumimos $w=0.15$

$$h = \frac{0.00591m^2}{0.15m}$$

$$h = 0.039m$$

Altura del canal, con la ecuación 5

$$H = h + hs$$

$$H = 0.039 + 0.3$$

$$H = 0.34$$

3.1.2. Rejillas

Cálculo de longitud de varillas, con la ecuación 9 empleando una inclinación de 50°

$$\sin 50^\circ = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\sin 50}$$

$$L = \frac{0.34}{\sin 50}$$

$$L = \frac{0.34}{0.7660444431}$$

$$L = 0.44m$$

Sumatoria de la separación entre barras

$$log = \left(\frac{w-e}{s+e} + 1 \right) e \quad s = 0.005 \quad \beta = 1.035$$

$$log = \left(\frac{0.15 - 0.015}{0.0051 + 0.015} + 1 \right) 0.015$$

$$log = 0.12m$$

Número de varillas

$$n = \frac{w}{e + s}$$

$$n = \frac{0.15}{0.015 + 0.005}$$

$$n = 7.5 \text{ varillas}$$

Pérdidas de carga en varillas

$$hf = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \sin \theta$$

$$hf = 1,79 \left(\frac{0.005}{0.015} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{(0.6)^2}{2 \times 9.8} \right) \text{sen}50$$

$$hf = 1,79(0.33)^{1.33} \left(\frac{0.36}{19.6} \right) \text{sen}50$$

$$hf = 1,79(0.33)^{1.33}(0.018) \text{sen}50$$

$$hf = 1,79(0.23)(0.018)\text{sen}50$$

$$hf = 0.007374 \times \text{sen}50$$

$$hf = 0.0056m$$

3.1.3. Trampa de grasa

Caudal máximo, con la ecuación 6, teniendo en cuenta que se usan 4 grifos con 2 unidades como se indica en la Tabla 2

$$Q = 0.3\sqrt{\sum U}$$

$$Q = 0.3\sqrt{8}$$

$$Q = 0.85 \text{ L/s}$$

Volumen, con la ecuación 7, asumimos el tiempo de retención de 3 minutos, según las recomendaciones de diseño.

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

$$V = Q \times t$$

$$V = 0.85 \frac{L}{s} \times 180 \text{ s}$$

$$V = 152.74 \text{ L}$$

3.1.4. Floculador

Área del floculador, empleando la ecuación 14.

$$A = \frac{Q}{Cs}$$

$$A = \frac{102,24 \text{ m}^3/d}{60 \text{ m}^3/\text{m}^2d}$$

$$A = 1.704m^2$$

Ancho del Floculador, con la ecuación 19

$$b = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$b = \sqrt{\frac{1.704}{2}}$$

$$b = 0.92m$$

Largo del Floculador, utilizando la ecuación 16

$$Lf = 2b$$

$$Lf = 2(0.92)$$

$$Lf = 1.84 m$$

Volumen del Floculador, mediante la ecuación 20

Asumimos $H=3m$

$$V = b \times Lf \times H$$

$$V = 0.92 \times 1.84 \times 3$$

$$V = 5.078m^3$$

Tiempo de Retención, con la ecuación 21

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

$$Tr = \frac{5.078m^3}{12.78 m^3/h}$$

$$Tr = 0.4h$$

$$Tr = 23.84 \text{ min}$$

Dimensionamiento de la paleta

Cálculo de la Potencia

Aquí debemos considerar, la viscosidad es de $1,781 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$; una temperatura de 20°C y G Según RAS de 45 y empleamos la ecuación 22

$$P = G^2 \mu V$$

$$P = G^2 \times 0.001781 \times V$$

$$P = (45)^2 \times 0.001781 \times 5.078$$

$$P = 10.48W$$

Área de las Paletas, mediante la ecuación 23

$$Ap = \frac{2P}{Cd \times \delta \times V^3} \quad V = \text{dado}$$

$$Ap = \frac{2 \times 10.48}{1.15 \times 998.2 \times (0.5)^3}$$

$$Ap = \frac{20.96}{286.98}$$

$$Ap = 0.073m^2$$

3.1.5. Sedimentador

Área de sedimentador, mediante la ecuación 24

$$A = \frac{Q}{Vc}$$

$$A = \frac{12.78}{1.8}$$

$$A = 7.1m^2$$

Ancho del sedimentador, empleando la ecuación 25

Relación 1/3 A

$$b = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

$$b = \sqrt{\frac{7.1}{3}}$$

$$b = 1.54 m$$

Largo del sedimentador, lo calculamos mediante la ecuación 26

$$Lg = 3b$$

$$Lg = 3 \times 1.54$$

$$Lg = 4.62 m$$

La Altura según la OPS es de 2m

Volumen del sedimentador con el uso de la ecuación 27

$$V = Lg \times b \times H$$

$$V = 4.62 \times 1.54 \times 2$$

$$V = 14.23 m^3$$

Tiempo de retención empleando la ecuación 28

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

$$Tr = \frac{14.23m^3}{12.78 m^3/h}$$

$$Tr = 1.11h$$

3.1.6. Resumen del dimensionamiento del sistema planteado

Caudal de diseño

Tabla 14-3: CAUDAL DE DISEÑO

DETALLE	VALOR
Caudal	102,24 m ³ /d

Realizado por: Rivadeneyra A.

Canal

El canal por donde transcurrirá el agua es de hormigón con las siguientes características:

Tabla 15-3: DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL

DETALLE	VALOR
Ancho	0.20 m
Altura del agua	0.039 m
Altura de seguridad	0.35 m

Realizado por: Rivadeneyra A.

Rejillas

Las rejillas del diseño planteado son de hierro, de limpieza manual debido a que el caudal es pequeño, este consta de las siguientes características:

Tabla 16-3: DIMENSIONAMIENTO DE LAS REJILLAS

DETALLE	VALOR
Velocidad de aproximación a las rejillas	0.6 m/s
Longitud de las barras	0.44 m
Separación entre barras	0.12 m
Número de barras	8
Espesor de barras	0.005 m
Ángulo de inclinación	50°
Pérdida de carga	0.0056 m

Realizado por: Rivadeneyra A.

Trampa de Grasa

Para el diseño de la trampa de grasa se tomaron en cuenta las unidades totales de gasto a ser atendidos por la misma de esta forma se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 17-3: DIMENSIONAMIENTO DE LA TRAMPA DE GRASA

DETALLE	VALOR
Caudal máximo a tratar	0.85L/s
Volumen	152.74 L
Profundidad	1.20 m
Largo	1.5 m
Ancho	1 m
Tiempo de retención	3 min
Nivel de ingreso de la tubería	0.23 m
Nivel de salida de la tubería	0.3 m

Realizado por: Rivadeneyra A.

Floculador

El floculador se va a construir de hormigón y es donde se realizara la adición de los químicos usados en el tratamiento del agua residual, y este consta de las siguientes características:

Tabla 18-3: DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR

DETALLE	VALOR
Área	1.704 m ²
Ancho	0.92 m
Largo	1.84 m
Altura	3 m
Volumen	5.078 m ³
Tiempo de retención	23.84 min
Potencia requerida	10.48 W
Área de las paletas	0.073 m ²

Realizado por: Rivadeneyra A.

Sedimentador

Hemos considerado un sedimentador de tipo rectangular, el cual va a permitir una mejor sedimentación de las partículas, estos son los resultados de su diseño:

Tabla 19-3: DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR

DETALLE	VALOR
Área	7.1 m ²
Ancho	1.54 m
Largo	4.62 m
Altura	2 m
Volumen	14.23 m ³
Tiempo de retención	1.1h
Velocidad terminal	1.8 m/h

Realizado por: Rivadeneyra A.

3.2. Propuesta

Con la finalidad de reducir todo índice elevado de contaminantes del agua residual de la industria de Lácteos “UNIÓN LIBRE” se propone dimensionar una Planta de tratamiento.

Para fijar el dimensionamiento de la planta propuesta, en primera instancia se determinó la medición del caudal para posteriormente caracterizar el agua residual y ver que parámetros se encuentran fuera de la normativa vigente; siendo los contaminantes orgánicos los más importantes a considerar como la DBO₅, DQO, sólidos sedimentables, sólidos totales y aceites y grasas.

El diseño del sistema de tratamiento del agua residual para la Industria Láctea “UNIÓN LIBRE” consta de los siguientes procesos:

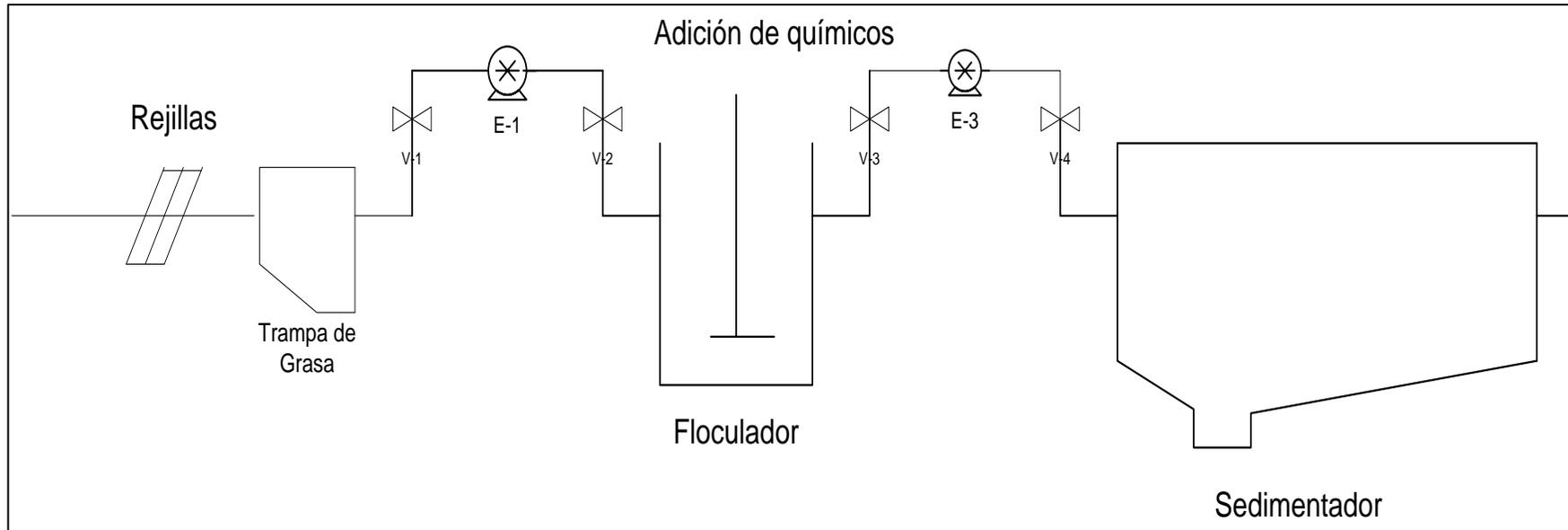
Primeramente el agua residual de los diferentes procesos pasara por un sistema de rejillas que estará sobre un canal de hormigón, esto nos ayudara a retener los materiales grandes como botellas, ramas, fundas que pueden caer al canal y evitar que se tenga un caudal constante durante el tratamiento.

El agua que lleva el canal llegara hacia una trampa de grasa con capacidad de 152,74 litros con el fin de retener la mayor cantidad de grasas y aceites, los cuales luego se removerán por flotación, esto nos ayudara a mejorar el mantenimiento de las tuberías y con la ventaja de disminuir estos contaminantes sin el uso de un compuesto químico.

Seguidamente el agua se dirigirá a un tanque de floculación, el cual tiene una capacidad de 5.078 m³, que cumplirá con las funciones de almacenamiento, homogenización y a continuación se adicionara 0.3 g cal/L para ajustar el pH del agua a tratar, y se adicionara Poli cloruro de Aluminio a una concentración de 500ppm, la mezcla se realizó a 65RPM y con un tiempo de retención de 24 minutos.

El agua proveniente del tanque de floculación pasara a un sedimentador tipo rectangular, el cual tiene una capacidad de tratar 14.23 m³ con un tiempo de retención de 1.11 horas, el mismo tiene un largo de 4.5 metros y está provisto de tres pantallas para asegurar una mayor decantación de partículas sólidas provenientes del proceso anterior dejando así que el agua clarificada cumpla con las normativas vigentes para ser descargada en el alcantarillado público.

FIGURA 3-3: SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



Realizado por: Rivadeneyra A.

3.2.1. Requerimiento presupuestario

Tabla 20-3: PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

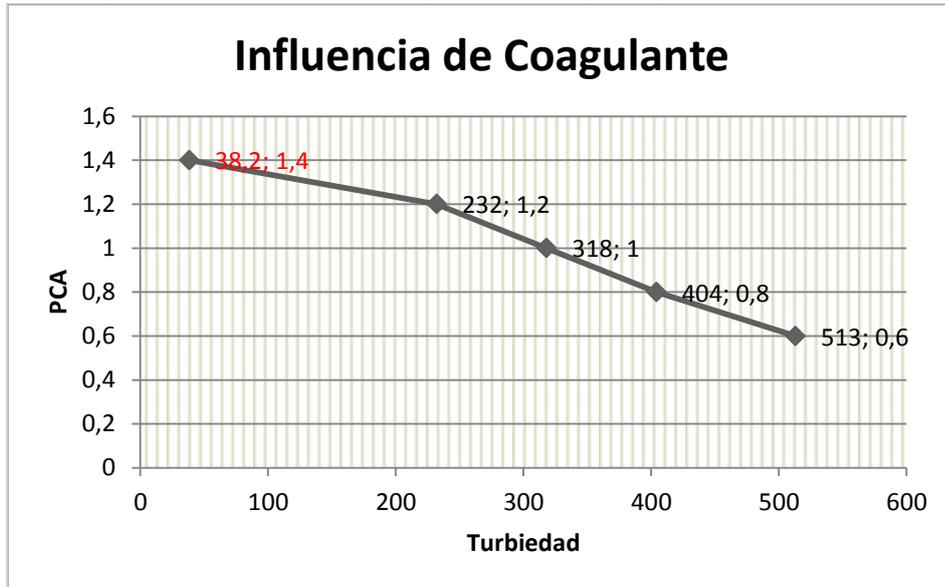
UNIDAD	DETALLE	COSTO \$
1	Rejillas manuales con 8 barras de acero inoxidable	55
TANQUE FLOCULADOR		
1	Floculador de hormigón de 5m ³	1000
1	Paleta de agitación	350
SEDIMENTADOR		
1	Sedimentador de hormigón de 14.23m ³	2500
ACCESORIOS		
2	Bombas	200
7	Codos 0.1	70
4	Válvulas	40
	Costos adicionales	1000
TOTAL		5215
INSUMOS QUÍMICOS		
30.67Kg/d	Cal (oxido de calcio)	6.13
38.32Kg/d	Poli cloruro de Aluminio	12.43
TOTAL DIARIO		18.56
TOTAL MENSUAL		556.80

Realizado por: Rivadeneyra A.

3.3. Resultados

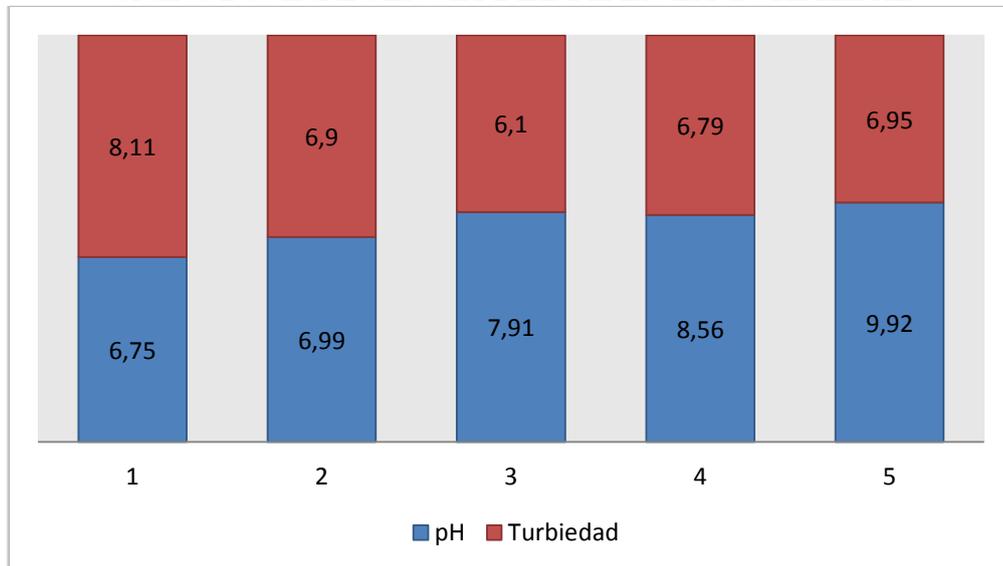
3.3.1. Pruebas de tratabilidad

Gráfico 1-3: INFLUENCIA DEL PCA VS TURBIEDAD



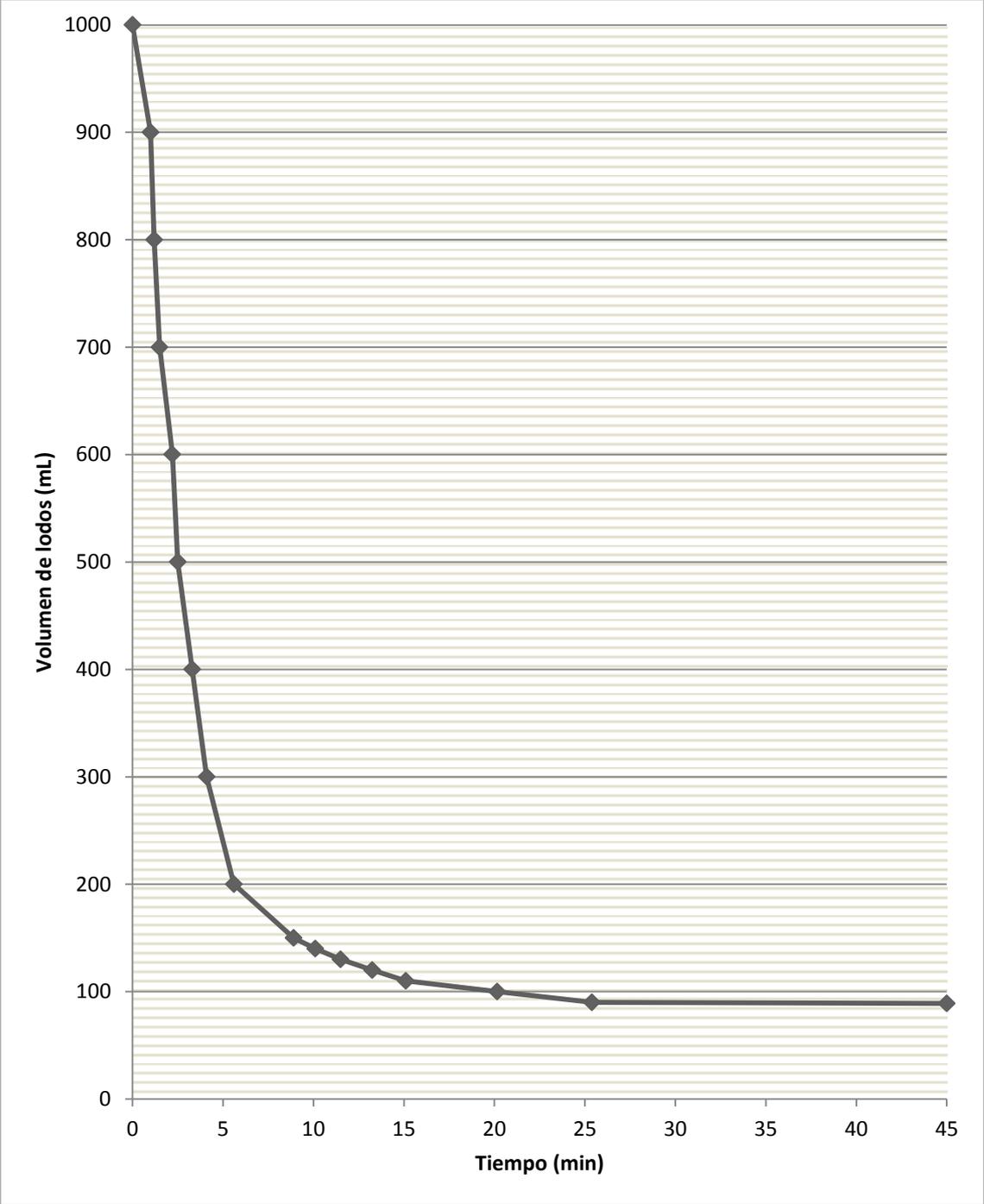
Realizado por: Rivadeneira, A.

Gráfico 2-3: INFLUENCIA DEL PH EN LA TURBIEDAD



Realizado por: Rivadeneira, A.

Gráfico 3-3: CURVA DE SEDIMENTACIÓN



Realizado por: Rivadeneira, A.

3.3.2. Caracterización del Agua Residual

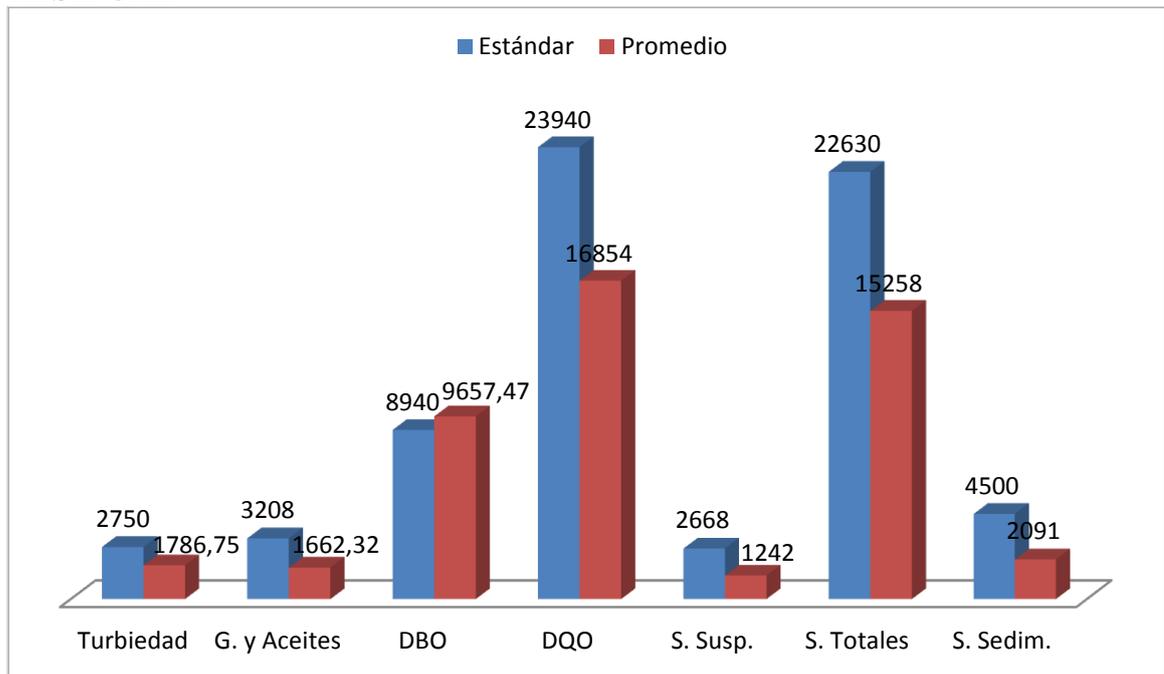
Los resultados de la caracterización del agua residual se obtuvieron en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH de donde se obtuvieron los resultados estándares que se usaron como base para las pruebas de tratabilidad, luego para saber de forma más confiable los valores de caracterización se realizaron los análisis a diferentes muestras de agua tomadas de la empresa de donde se obtuvieron los resultados promedios indicados en la tabla a continuación:

Tabla 21-3: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Determinaciones	Unidades	***Resultado Estándar	**Resultado Promedio	* Valor límite Permisible
Temperatura	°C	16.3	16.97	<40
pH	Und.	6.24	6.48	5-9
Turbidez	NTU	2750	1786.75	-
Conductividad	μSiems/cm	11.85	11.90	-
Alcalinidad	mg/L	900	-	-
Cloruros	mg/L	397	265.17	-
Grasas y Aceites	mg/L	3208	1662.32	100
DQO	mg/L	23940	16854	500
DBO	mg/L	8940	9657.47	250
Sólidos en Suspensión	mg/L	2668	1242	220
Sólidos Disueltos	mg/L	7347	3703	-
Sólidos Totales	mg/L	22630	15258	1600
Sólidos Sedimentables	mL/L	4500	2091	20

* Fuente: TULSMA, Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, ** Realizado por: Rivadeneyra A.
 *** Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico ESPOCH

Gráfico 4-3: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL



Realizado por: Rivadeneyra A.

3.3.3. Caracterización final del agua residual tratada.

Con el diseño del sistema de tratamiento de agua residual de la industria láctea unión Libre se logra reducir un índice de contaminación esto es comprobado al momento de realizar los respectivos análisis en el laboratorio de Análisis Técnicos.

Tabla 22-3: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

Determinaciones	Unidad	Resultado
Temperatura	°C	18.2
pH		8.31
Turbidez	NTU	38.2
Conductividad	µSiems/cm	5.79
Alcalinidad	mg/L	2.9
Aceites y Grasas	mg/L	86
DQO	mg/L	367
DBO	mg/L	249.56
Sólidos disueltos	mg/L	-
Sólidos sedimentables	mg/L	0.13
Sólidos totales	mg/L	820

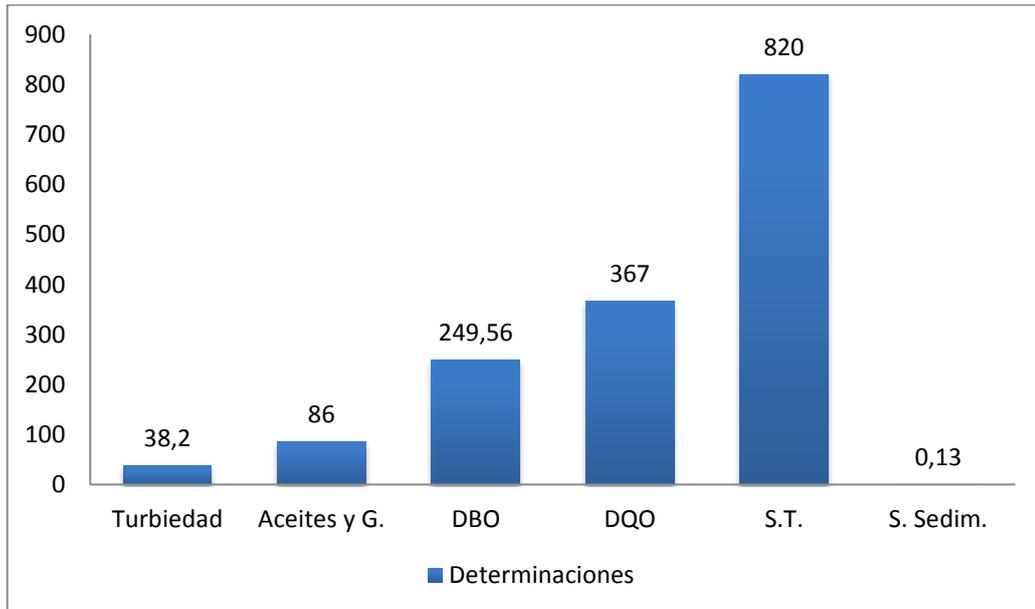
Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos

Tabla 23-3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.

Parámetros	Unidad	Método Usado	Resultado
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	250
Coliformes totales	UFC/100ml	Filtración por membrana	600

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos

Gráfico 5-3: VALORES OBTENIDOS DEL TRATAMIENTO CON POLI CLORURO DE ALUMINIO



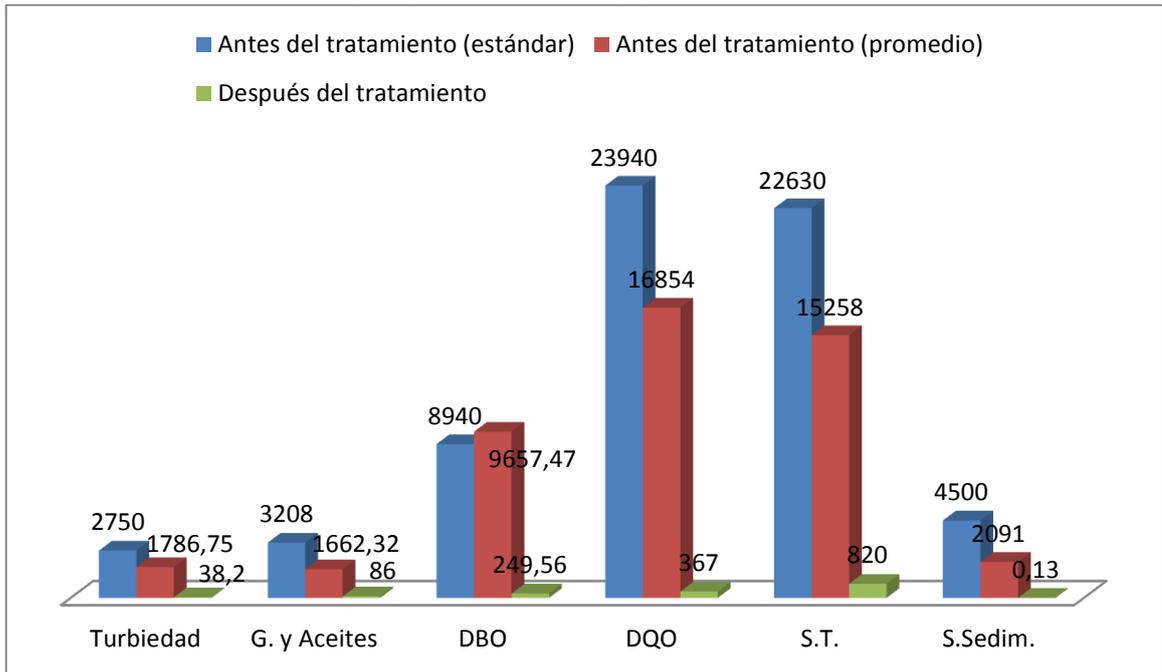
Realizado por: Rivadeneyra A.

Tabla 24-3: RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL Y DEL AGUA TRATADA

Parámetro	Unidad	AR Estándar	AR Promedio	Agua tratada	Porcentaje de reducción
Turbiedad	NTU	2750	1786,75	38	98.62
Aceites y Grasas	ml/L	3208	1662,32	86	97.32
DQO	mg/L	23940	16854	367	98.47
DBO ₅	mg/L	8940	9657,47	249,56	97.21
Sólidos Sedimentables	mg/L	4500	2091	0.13	100
Sólidos Totales	mg/L	22630	15258	820	96,38

Realizado por: Rivadeneyra A.

Gráfico 6-3: RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL Y DEL AGUA TRATADA



Realizado por: Rivadeneyra A.

3.4. Discusión de resultados

En esta investigación se buscó diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la planta procesadora de lácteos Unión Libre de la Parroquia 10 de Agosto debido a que según la caracterización del agua residual proveniente de esta planta se encontraban fuera de los parámetros establecidos por la ley, mismos que fueron obtenidos de los análisis físico químicos que se realizaron en el LAT de la ESPOCH, luego para mayor confiabilidad se realizaron varias pruebas más de caracterización en donde se pudo comparar que los resultados seguían incumpliendo las normativas establecidas.

Siendo la prioridad el analizar y dar una solución para los contaminantes presentes en el agua residual se realizaron los ensayos de jarras con lo que se determinó la dosis de coagulante (PCA) a utilizar es de 1,5 ml por cada 1 litro de agua a tratar, para optimizar el uso del PCA se determinó que con (0.3 g/L) cal se regula el pH y esto permite que el mismo trabaje mejor evitando así el uso innecesario del químico y el descenso de su rendimiento.

Es así que al comparar los resultados de los análisis físico químicos antes y después del tratamiento podemos observar que al tratar el agua residual proveniente de los distintos procesos de la Planta se obtiene una reducción casi total de todos los parámetros que se

encontraban fuera de los límites permisibles, con un porcentaje de reducción en Turbidez del 98.62%, de Sólidos sedimentables del 100%, de Sólidos totales del 96.38%, de la Demanda química de oxígeno del 98.47%, de la Demanda bioquímica de oxígeno del 97.21% y de Aceites y grasas del 97.32%, con estos resultados se puede ver que el agua residual tratada cumple con los parámetros establecidos por el TULSMA en el Libro VI Anexo I, tabla 11 para descargas de aguas al sistema de alcantarillado.

Con los resultados anteriores se puede explicar que los parámetros químicos del agua residual han disminuido, sin embargo se debe indicar que los costos por tonelada de los productos químicos utilizados en el tratamiento del agua residual son altos; esto se debe a la cantidad por día que se debe utilizar para su tratamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La caracterización inicial del agua residual proveniente de la Planta de Lácteos Unión Libre determinó que los parámetros contaminantes se encontraron fuera de la normativa vigente que es el TULSMA fueron los siguientes parámetros como: pH (6.46), la turbidez (1786,75 NTU), sólidos totales (15258 mg/ L), sólidos sedimentables (2091 mg/L), la DBO₅ (9657,47 mg/L), grasas y aceites (2583.8 mg/L) y la DQO (16854 mg/L).
- El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de lácteos “Unión Libre” constará de procesos diferentes empezando con un sistema de rejillas que van en un canal que ayudará a remover los contaminantes de mayor tamaño seguidamente pasará a una trampa de grasa para poder eliminar de manera física las grasas y aceites presentes, luego pasará a la etapa de floculación en donde se añadirá cal para equilibrar el pH y seguidamente el poli cloruro de aluminio para acelerar de este modo la sedimentación que se realizará en un tanque de sedimentador que garantiza la remoción de los diferentes contaminantes del agua residual industrial.
- Las pruebas de tratabilidad garantizaron la disminución de cada uno de los parámetros que no cumplían con la normativa vigente como son: turbiedad 38, solidos sedimentables 0.13, solidos totales 820, DBO 249,56, DQO, aceites y grasas, Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

RECOMENDACIONES

- Antes de implementar con el Sistema de Tratamiento de agua para la Industria Láctea, primero se haga un estudio del impacto ambiental que puede causar su construcción para no alterar con la calidad de vida de los habitantes y la flora que se encuentran a sus alrededores.
- La industria Láctea Unión Libre en el proceso de elaboración del queso no mezcle el agua residual con el suero que se genera ya que el índice de pH tiende a elevarse

considerablemente, por tal razón vendan o regalen el suero que sale de la obtención del queso. Es decir debe mejorar las buenas prácticas de manufactura para evitar el consumo innecesario de agua.

- La limpieza manual de las rejillas debe realizarse después de cada descarga de agua al finalizar las diferentes producciones para evitar la acumulación de basura y lodos.
- El lodo obtenido como es de composición orgánica debe usarse como abono para los cultivos o secar el mismo para botar a la basura como destino final.
- Para bajar los costos de implementación y mantenimiento de la planta de tratamiento se recomienda realizar un estudio para un tratamiento biológico aerobio utilizando membranas de plástico en el fondo de las lagunas.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAS RESIDUALES

http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c5s1.htm

2013-05-16

ARBOLEDA, J. Teoría y Práctica de Purificación de agua. 3ªed., Bogotá–Colombia. McGraw Hill. 2000, Pp. 160-168.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

2014-11-28

CASTRO, M. Parámetros físico químicos que influyen en la calidad del agua y en el tratamiento del agua. Lima–Perú. OMS HPE CEPIS DITESA. 1978, Pp. 43.

COLOMBIA., MINISTERIO DE VIVIENDA, VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título C, Bogotá-Colombia, 2010. Pp. 46-70

COLOMBIA., MINISTERIO DE VIVIENDA, VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título E, Bogotá-Colombia, 2010. Pp. 28,29, 50-55

CRITES, R. y TCHOBANOGLIOUS, G. Tratamientos de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogotá–Colombia. McGraw Hill. 2000, Pp. 33-67, 300-333.

DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/index.html>

2014-04-06

ECUADOR., Instituto Ecuatoriano de Normalización. Leche cruda. 009. 2012, Ecuador, Pp. 1.

ECUADOR., Ministerio de ambiente. Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA): límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Vol. 6, tabla 11., 2002, Pp. 37, 38.

METCALF, Y EDDY, INC. Ingeniería de aguas residuales. 3° ed., Sevilla–España. McGraw Hill. 1995, Pp. 228, 508-520, 550-680.

RAMALHO, R. (2003) Tratamiento de aguas residuales. 2° ed., g Sevilla–España. Reveté. Pp. 92, 146-148.

ROJAS, R. Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. Lima–Perú. CEPIS/OPS – OMS. 2002, Pp. 125.

ROMERO, J. Calidad del agua. 3° ed. Bogotá –Colombia. Alfa omega. 2002, Pp. 87.

STHANDAR METHODOS., Métodos Estándar para Análisis de Aguas y aguas Residuales., American Public Health Water Pollution., Control Federation., Madrid España., Conjunto de Leones S. Díaz Santos S.A., 1992., Pp. 2-59., 4-186

TRAMPAS DE GRASAS

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_37_trampa_de_grasas.html

2014-11-25

VILLENA, J. Industria láctea. 1995, Pp. 18-23

<http://www.insacan.org/racvao/anales/1995/articulos/08-1995-02.pdf>, 2013-05-21

ANEXOS

ANEXO 1: VALORES REFERENCIALES PARA EL DISEÑO DE INGENIERÍA

A.1 Velocidad mínima de aproximación.

E.4.4.2.4 Velocidad mínima de aproximación

Para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente.

Fuente: Norma RAS 2000, Título E, Pp. 50

A.2 Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
B	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Normas RAS 2000, Título E, Pp. 51

A.3 Tiempo de retención hidráulico para trampa de grasas

TABLA E.3.2
Tiempos de retención hidráulicos

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2 - 9
4	10 - 19
5	20 o más

Fuente: NORMA RAS 2000. Sección II. Título E. Pág. 29

A.4 Cargas de superficie recomendada para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Carga de superficie (m ³ /m ² d)	
	Intervalo	Caudal punta
Floculo de alúmina	25-50	50
Floculo y hierro	25-50	50
Floculo de cal	30-60	60
Agua residual cruda	25-50	50

Fuente: Metcalf&Eddy, Ingeniería de aguas residuales

A.5 Propiedades físicas del agua

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
0	999,8	1,781 · 10 ⁻³	1,785 · 10 ⁻⁶
5	1000,0	1,518 · 10 ⁻³	1,519 · 10 ⁻⁶
10	999,7	1,307 · 10 ⁻³	1,306 · 10 ⁻⁶
15	999,1	1,139 · 10 ⁻³	1,139 · 10 ⁻⁶
20	998,2	1,102 · 10 ⁻³	1,003 · 10 ⁻⁶
25	997,0	0,890 · 10 ⁻³	0,893 · 10 ⁻⁶
30	995,7	0,708 · 10 ⁻³	0,800 · 10 ⁻⁶
40	992,2	0,653 · 10 ⁻³	0,658 · 10 ⁻⁶
50	988,0	0,547 · 10 ⁻³	0,553 · 10 ⁻⁶
60	983,2	0,466 · 10 ⁻³	0,474 · 10 ⁻⁶
70	977,8	0,404 · 10 ⁻³	0,413 · 10 ⁻⁶
80	971,8	0,354 · 10 ⁻³	0,364 · 10 ⁻⁶
90	965,3	0,315 · 10 ⁻³	0,326 · 10 ⁻⁶
100	958,4	0,282 · 10 ⁻³	0,294 · 10 ⁻⁶

Fuente: Metalf&Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, P 1742

A.6 Velocidades terminales a caudal medio

Decantación Primaria	Velocidad a caudal medio		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores Circulares	1.0 m/h	1.5 m/h	2.0 m/h
Decantadores rectangulares	0.8 m/h	1.3 m/h	1.8 m/h

Fuente: Manual de depuración Uralita. P 96

A.7 Velocidades terminales a caudal máximo

Decantación Primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores Circulares	2.0 m/h	2.5 m/h	3.0 m/h
Decantadores rectangulares	1.8 m/h	2.2 m/h	2.6 m/h

Fuente: Manual de depuración Uralita. P 96

ANEXO 2: INSTALACIONES



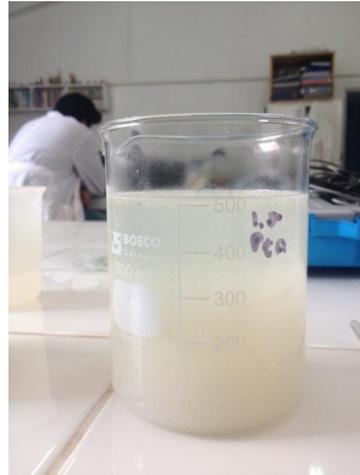
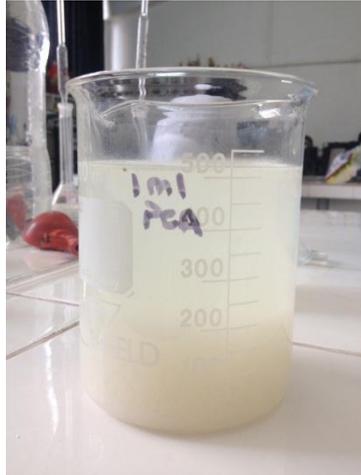
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneyra Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		FECHA	LAMIN A	ESCALA
	Aprobado	Por calificar		14/11/2014	01	1:1

ANEXO 3: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneira Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		FECHA	LAMINA	ESCALA
Aprobado	Por calificar	14/11/2014	01	1:1		

ANEXO 4: TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneira Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		FECHA	LAMIN A	ESCALA
Aprobado	Por calificar	14/11/2014	01	1:1		

ANEXO 5. PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneyra Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		14/11/2014	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO 6: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Ángela Rivadeneira

Fecha de Análisis: 30 de Enero del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 5 de Febrero de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Industria Láctea

Localidad: Unión Libre de la Parroquia 10 de Agosto Cantón Pastaza

Código LAT/020a-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.24
Conductividad	mSiems/cm	2510-B		11.85
Turbiedad	UNT	2130-B		2750
Alcalinidad	mg/L	2320-C		900
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	3208
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	23940
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	8940
Sólidos en Suspensión	mg/L	2540-D	220	2668
Sólidos disueltos	mg/L	2540-C		7347
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	22630
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-B		4500
Cloruros	mg/L	4500-CI-B	20	397

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO 7. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Angela Rivadeneira

Fecha de Análisis: 23 de Abril del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 29 de Abril de 2013

Tipo de muestras: Agua Tratada de la Industria Láctea

Localidad: Unión Libre de la Parroquia 10 de Agosto Cantón Pastaza

Código LAT/020e-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	8.31
Conductividad	mSiems/cm	2510-B		620
Turbiedad	UNT	2130-B		38
Alcalinidad	mg/L	2320-C		2,9
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	86
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	367
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	249,56
Sólidos en disueltos	mg/L	2540-C		
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	820
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-B		0,13
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B	20	19,2

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



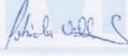
ANEXO 8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL



SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 59-2013

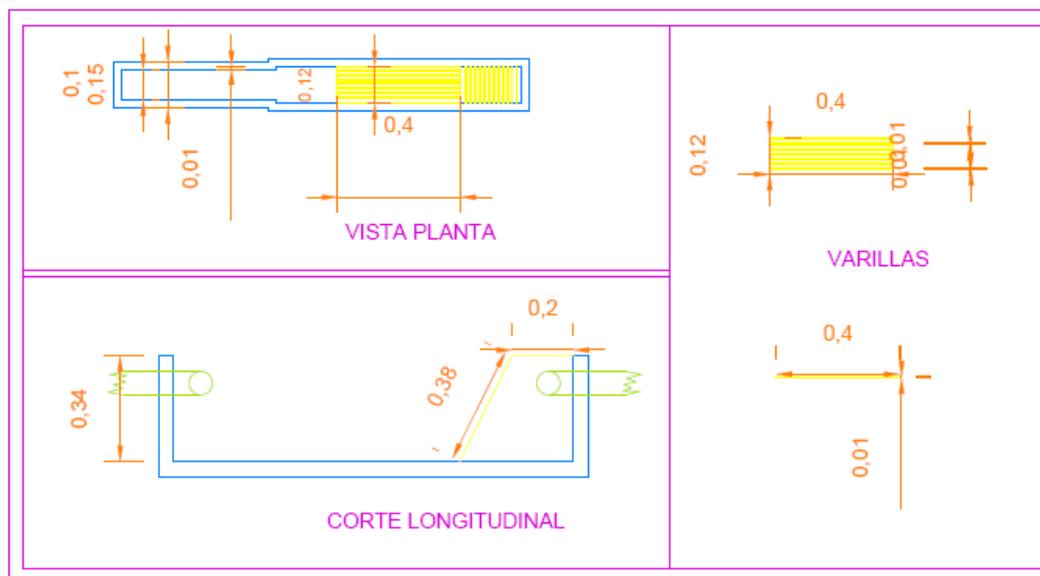
CLIENTE: Srta. Ángela Rivadeneira		
DIRECCION: ESPOCH		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua descarga de proceso de leche		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-01-29		
FECHA DE MUESTREO: 2013-01-29		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: blanquecino		
OLOR: lácteo		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
02 DETERMINACIONES		
	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1200
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	4900
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANÁLISIS: 2013-01-29		
FECHA DE ENTREGA: 2013-02-01		
RESPONSABLES:		
 Dra. Gina Álvarez R.		 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes (Cerca de la Nueva Puerta EsPOCH - Fada)
 Contactos: 0998550374 - 0994048617 - 032042322 - 032360260
 Riobamba - Ecuador

ANEXO 9: REJILLA METÁLICA Y CANAL DE RECOLECCIÓN

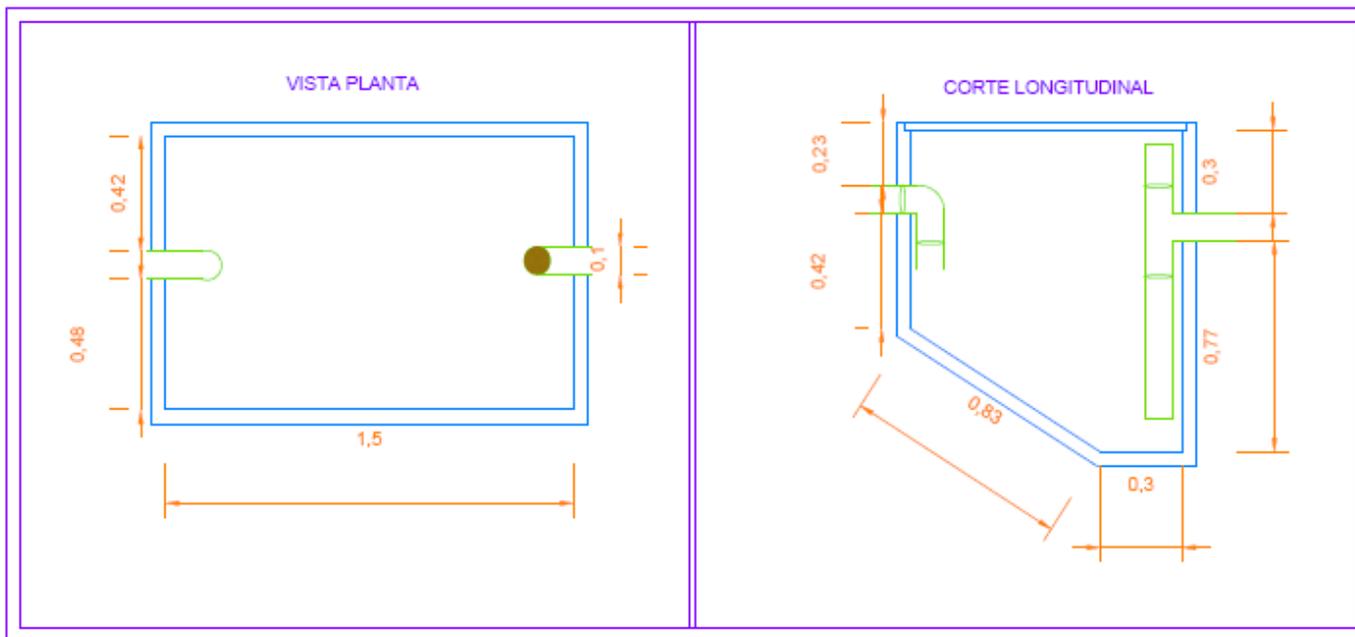
REJILLAS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneira Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar		14/11/2014	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO 10: TRAMPA DE GRASA

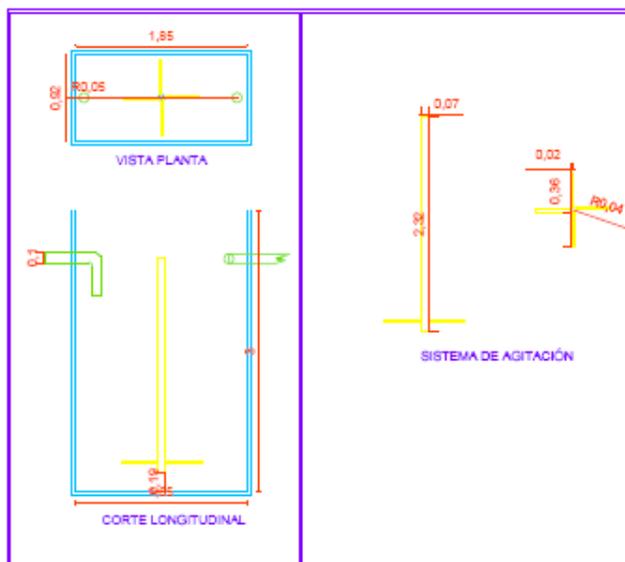
TRAMPA DE GRASA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneira Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar		14/11/2014	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO 11. FLOCULADOR

FLOCULADOR SIMPLE



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Rivadeneira Ángela	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar		14/11/2014	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO 12: SEDIMENTADOR

