



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN
LA PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ, RECINTO CAMARÓN,
CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA BOLÍVAR**

Proyecto de Investigación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

AUTOR:

RAÚL ERNESTO GARZÓN AGUILA

DIRECTOR:

ING. JUAN GAIBOR CHAVEZ MSC

GUARANDA – ECUADOR

2016

TEMA:

“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ, RECINTO CAMARÓN, CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA BOLÍVAR.”

REVISADO Y APROBADO POR:

.....

ING. JUAN GAIBOR CHÁVEZ. MSC.

DIRECTOR DEL PROYECTO

.....

ING. DANILO MONTERO SILVA. MGS.

BIOMETRISTA

.....

DRA. ODERAY MERINO PEÑAFIEL

REDACCIÓN TÉCNICA

Fecha de defensa:.....

CERTIFICADO DE AUTORIA

Yo, Garzón Aguila Raúl Ernesto, con cédula de identidad 020200352-1, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar; puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

RAÚL ERNESTO GARZÓN AGUILA

C.I. 020200352-1

ING. JUAN GAIBOR CHÁVEZ MSC.

DIRECTOR DEL PROYECTO

C.I. 020105168-7

DRA. ODERAY MERINO PEÑAFIEL

REDACCIÓN TÉCNICA

C.I. 060086903-6

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis queridos padres Ilda y Raúl, a mis hermanas María Isabel y Camila y a mi novia Miriam por ser la fuente de inspiración que me motiva a seguir adelante y alcanzar esta meta importante en mi vida además por su comprensión y apoyo incondicional. A toda mi familia abuelos, tíos, primos, amigos quienes han contribuido para que pueda llegar a feliz término este proyecto.

Raúl

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento a Dios Todopoderoso por concederme la vida, por darme fortaleza y sabiduría y ser el guía de mi camino en el afán de cumplir este objetivo.

Agradezco a La Universidad Estatal de Bolívar y su centro de apoyo Las Naves, por ser el lugar donde he cultivado conocimientos y principios que me permitirán desarrollarme como un profesional ejemplar.

Agradezco al equipo de catedráticos, particularmente al Director del presente proyecto Ing. Juan Gaibor y a quienes conforman el tribunal Ing. Danilo Montero Biometrista y Dra. Oderay Merino Redacción Técnica por ser los guías que garantizan la calidad académica de este trabajo.

Finalmente agradezco a mis compañeros de cada uno de los ciclos de estudio pues en medio de la camaradería creamos un lazo de fraternidad y de amistad que sirvió de apoyo en el todo el periodo de formación universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO	DESCRIPCIÓN	Pág.
I	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
II	PROBLEMA	3
III	MARCO TEÓRICO	4
3.1.	AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR.....	4
3.2.	BASE LEGAL DE ECUADOR.....	5
3.2.1.	Normativa ambiental.....	5
3.3.	DISEÑO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	7
3.3.1.	Tratamiento preliminar.....	7
3.3.2.	Tratamiento primario.....	7
3.3.3.	Tratamiento secundario.....	8
3.3.4.	Tratamiento terciario o avanzado.....	8
3.4.	SIMULACIÓN DE PROCESO.....	12
3.5.	SUPERPRO DESIGNER.....	12
3.6.	CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS	14

3.6.1.	Propiedades físicas.....	15
3.6.2.	Propiedades químicas.....	17
3.6.3.	Propiedades microbiológicas.....	19
3.7.	MUESTREO.....	19
3.7.1.	Tipo de muestreo.....	20
3.7.1.1.	Muestreo continuo.....	20
3.7.2.	Manipulación de la muestra.....	20
3.8.	MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	21
3.8.1.	Método volumétrico.....	21
3.9.	PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ.....	22
3.9.1.	Producción en la planta.....	23
3.9.2.	Descarga del efluente que se genera en el planta.....	26
3.9.3.	Detergentes que se utiliza en la planta de lácteos.....	27
3.9.4.	Composición de los efluentes de la industria láctea.....	28
IV	MARCO METODOLÓGICO.....	30
A.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
B.	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	30

C.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA.....	30
D.	ZONA DE VIDA.....	30
E.	MATERIALES.....	31
F.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS...	32
G.	MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
H.	METODOLOGÍA.....	42
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
5.1.	MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL EFLUENTE.....	48
5.1.1.	Caudal del efluente.....	48
5.2.	ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.....	49
5.2.1.	Análisis físicos.....	49
5.2.1.1.	pH.....	49
5.2.1.2.	Temperatura.....	51
5.2.1.3.	Sólidos disueltos totales.....	52
5.2.1.4.	Conductividad.....	54
5.2.1.5.	Turbiedad.....	55

5.2.2.	Análisis químicos.....	57
5.2.2.1.	Nitritos.....	57
5.2.2.1.	Nitratos.....	58
5.2.2.1.	Nitrógeno amoniacal.....	60
5.2.2.1.	Cromo hexavalente.....	61
5.2.2.1.	Fosfatos.....	63
5.2.2.1.	Sulfatos.....	64
5.2.2.1.	Cobre.....	66
5.2.2.1.	Cloro.....	67
5.2.2.1.	Cloruro.....	69
5.2.2.1.	Hierro.....	70
5.2.2.1.	Dureza total.....	72
5.2.2.1.	Demanda química de oxígeno.....	73
5.2.3.	Análisis microbiológicos.....	75
5.2.3.1.	Coliformes Totales y Coliformes Fecales.....	75
5.3.	DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ.....	76

5.3.1.	Características del efluente a tratar.....	76
5.3.2.	Definición de las características del efluente a tratar.....	79
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
6.1.	CONCLUSIONES.....	100
6.2.	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXO.....	108

ÍNDICE DE CUADROS

Nro.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Promedio de la medición del caudal de la tubería del efluente.....	48
2	Variación de pH en los puntos de descarga.....	49
3	Variación de temperatura en los puntos de descarga.....	51
4	Variación de sólidos totales disueltos en los puntos de descarga.....	52
5	Variación de la conductividad en los puntos de descarga...	54
6	Variación de la turbiedad en los puntos de descarga.....	55
7	Variación de nitritos en los puntos de descarga.....	57
8	Variación de nitratos en los puntos de descarga.....	58
9	Variación de nitrógeno amoniacal en los puntos de descarga.....	60
10	Variación de cromo en los puntos de descarga.....	61
11	Variación de fosfatos en los puntos de descarga.....	63
12	Variación de sulfatos en los puntos de descarga.....	64
13	Variación de cobre en los puntos de descarga.....	66

14	Variación de cloro en los puntos de descarga.....	67
15	Variación de cloruros en los puntos de descarga.....	69
16	Variación de hierro en los puntos de descarga.....	70
17	Variación de dureza total en los puntos de descarga.....	72
18	Variación de demanda química de oxígeno en los puntos de descarga.....	73
19	Variaciones microbiológicas de la calidad de agua que entra y sale.....	75
20	Características fisicoquímicas del efluente descargado por la quesera Tuquerez.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Nro.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Promedio de la medición del caudal de la tubería del efluente.....	48
2	Variación de pH en los puntos de descarga.....	50
3	Variación de temperatura en los puntos de descarga.....	51
4	Variación de sólidos totales disueltos en los puntos de descarga.....	53
5	Variación de la conductividad en los puntos de descarga....	54
6	Variación de la turbiedad en los puntos de descarga.....	56
7	Variación de nitritos en los puntos de descarga.....	57
8	Variación de nitratos en los puntos de descarga.....	59
9	Variación de nitrógeno Amoniacal en los puntos de descarga.....	60
10	Variación de cromo en los puntos de descarga.....	62
11	Variación de fosfatos en los puntos de descarga.....	63
12	Variación de sulfatos en los puntos de descarga.....	65
13	Variación de cobre en los puntos de descarga.....	66

14	Variación de cloro en los puntos de descarga.....	68
15	Variación de cloruros en los puntos de descarga.....	69
16	Variación de hierro en los puntos de descarga.....	71
17	Variación de dureza total en los puntos de descarga.....	72
18	Variación de demanda química de oxígeno en los puntos de descarga.....	74
19	Variaciones microbiológicas de la calidad de agua que entra y sale.....	75
20	Disminución de solidos totales disueltos en función del tiempo de floculación a diferentes dosis de floculante.....	78
21	Disminución de la turbidez en función del tiempo de floculación a diferentes dosis de floculante.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Nro.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	6
2	Tratamiento preliminar.....	7
3	Tratamiento primario.....	8
4	Tratamiento secundario.....	8
5	Tratamiento terciario o avanzado.....	9
6	Eficiencia de los proceso de tratamientos de aguas residuales.....	10
7	Operaciones para la eliminación de contaminantes.....	11
8	Descripción de los productos de limpieza de la planta.....	28
9	Ubicación territorial.....	30
10	Situación geográfica y climática.....	30
11	Puntos de muestreo.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Nro.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Ubicación geográfica de la planta de lácteos Tuquerez...	22
2	Plano de la planta de lácteos Tuquerez.....	23
3	Tubería donde desemboca el efluente de la empresa.....	26
4	Río San Camilo.....	27
5	Lista de componentes incorporados en la base de datos USER creada para el diseño del sistema de tratamiento.....	80
6	Lista de componentes presentes en el sistema de tratamiento del efluente proveniente de las bases de datos USER y DESIGNER.....	81
7	Definición de las concentraciones del efluente a tratar en base a resultados de análisis de laboratorio.....	82
8	Definición de la carga orgánica del efluente DQO a tratar en base a resultados de análisis de laboratorio.....	83
9	Diagrama de flujo del sistema de tratamiento del efluente proveniente de la quesera Tuquerez.....	85
10	Formato para la fijación de la concentración de floculante en la corriente del efluente.....	86
11	Formato para la determinación del flujo másico de floculante luego de la simulación.....	86

12	Condiciones de operación de la unidad de clarificación del efluente luego del tratamiento con el agente floculante...	87
13	Dimensiones físicas de la unidad de clarificación.....	88
14	Concentración de la corriente de salida de la unidad de clarificación S-102.....	99
15	Condiciones de operación del reactor biológico por lodos activados.....	90
16	Definición del tiempo de residencia y volumen de trabajo del reactor biológico por lodos activados.....	91
17	Formato para acceder a los formatos para definir la estequiometría y cinética de las reacciones.....	92
18	Estequiometría de la reacción de degradación de la biomasa.....	92
19	Estequiometría de la reacción de degradación de la carga orgánica DQO.....	93
20	Definición de parámetros cinéticos de la reacción de degradación de la biomasa.....	93
21	Definición de parámetros cinéticos de la reacción de degradación de la carga orgánica.....	94
22	Resultados de concentraciones de la corriente a la salida del reactor biológico por lodos activados.....	95
23	Dimensiones de reactor biológico determinado por el	96

	programa SUPER PRO DESIGNER.....	
24	Condiciones de operación de la unidad de decantación para la separación de los lodos activados del efluente tratado.....	97
25	Dimensiones de la unidad de decantación para la separación de los lodos activados.....	98
26	Concentraciones de los diferentes contaminantes presentes en la corriente de efluente ya tratado.....	99

ÍNDICE DE ANEXO

Nro.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Ubicación del experimento y muestreo.....	108
2	Resultados de análisis físicos, químicos y microbiológicos.	109
3	Base de datos.....	110
4	Finchas de recolección de datos.....	113
5	Fotografías del desarrollo de la investigación.....	114
6	Glosario de términos.....	121

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los cantones Echeandía y Guaranda pertenecientes a la provincia de Bolívar, en los laboratorios de agua y suelos de Universidad Estatal de Bolívar, el objetivo fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales en la Planta de Lácteos Tuquerez en función de la carga contaminante que excede los límites permitidos por las normas ecuatorianas.

Los datos obtenidos que se encuentran fuera del rango son: TDS con un valor de 623,00 mg/L y un límite máximo de 130,00 mg/L; conductividad eléctrica con un valor de 1209,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un límite máximo de 1209,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$; turbidez con un valor de 926,00 NTU y un límite máximo de 100,00 NTU; fosfatos con un valor de 18,41 mg/L y un límite máximo de 2,00 mg/L; dureza total con un valor de 1905,29 mg/L y un límite máximo de 500,00 mg/L; y por último demanda química de oxígeno (DQO) con un valor de 2444,85 mg/L y un límite máximo de 200,00 mg/L; estos valores fueron la base de cálculo para la introducción en el software del simulador.

Para los sólidos suspendidos y la turbiedad se aplicó un tratamiento primario físico con sistema de clarificación y un volumen de 800 $\text{L}/\text{m}^2\text{-h}$ (tanque rectangular con una profundidad de 1.5 m, 2.47 m de largo y 0.62 m de ancho); un tiempo de residencia de 112.5 minutos a fin de reducir la concentración; además se aplicó una concentración de 2 g/L de floculante como dosis óptima previo a un prueba de la jarra que se realizó en el laboratorio. La simulación dio como resultado final la precipitación de sólidos disueltos de 93,25 mg/L y turbidez de 69,30 mg/L.

Para la carga orgánica (DQO y Fosfatos) se aplicó un sistema biológico basado en el principio de lodos activados. El reactor biológico se considera como adiabático y un nivel de oxígeno disuelto de 2.0 mg/L, con un tiempo de residencia de 420 minutos y un volumen real de residencia del 90% del volumen total. La simulación dio como resultado la precipitación de fosfato 1,37 mg/L; y DQO 7,63 mg/L, lo que permiten tener un diseño acorde a las necesidades de la Planta de Lácteos.

SUMMARY

This research was conducted in the Echeandia and Guaranda belonging to the province of Bolivar, in the laboratories of water and soil from State University of Bolivar, cantons the goal was to design a system for wastewater treatment in the Dairy Plant Tuquerez based of the pollution load that exceed the limits permitted by Ecuadorian standards.

The data that are outside the range are: TDS with a value of 623.00 mg / L and a maximum of 130.00 mg / L; electrical conductivity with a value of 1209.90 mS / cm and a maximum of 1209.90 mS / cm; Turbidity with a value of 926,00 NTU and a maximum of 100.00 NTU; phosphates with a value of 18.41 mg / L and a maximum limit of 2.00 mg / L; total hardness with a value of 1905.29 mg / L and a maximum of 500.00 mg / L; and finally chemical oxygen demand (COD) with a value of 2444.85 mg / L and a maximum of 200.00 mg / L; these values were the basis of calculation for introduction into the software simulator.

For suspended solids and turbidity physical primary treatment it was applied with clarification system with a volume of 800 L / m²-h (rectangular tank with a depth of 1.5 m, 2.47 m long and 0.62 m wide), and residence time of 112.5 minutes to reduce the concentration, also a concentration of 2 g / L was applied as flocculant prior to a test of the jug held in the laboratory optimal dose. The simulation gave final result in the precipitation of dissolved solids to 93.25 mg / L and turbidity to 69.30 mg / L.

To the organic load (COD and Phosphates) a biological system based on the principle of activated sludge was applied. The biological reactor is considered as adiabatic and dissolved oxygen level of 2.0 mg / L, with a residence time of 420 minutes and an actual residence volume of 90% of the total volume. The simulation resulted phosphate precipitation 1.37 ml / L; COD and 7.63 mg / L, which allow you to have a design tailored to the needs of the Dairy Plant.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En las últimas décadas, el hombre está prestando atención a una serie de problemas relacionados con los desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial. Los residuos generados por las diversas industrias a nivel mundial son uno de los principales problemas que está afrontando el mundo, se estima que el 70% de las aguas residuales en Latinoamérica van directamente a la naturaleza como ríos y suelos sin ningún tipo de tratamiento provocando una serie de problemas a la salud pública y afectando al medio ambiente debido a la gran carga contaminante (Banco Mundial, 2013), pues son pocas las empresas que invierten en el tema de protección ambiental.

En el Ecuador la cantidad total de aguas residuales generadas en el año 2013 en las diferentes regiones del país fue de 310.28 millones de m³ líquidos, siendo la Sierra la región de mayor generación de efluentes con 242.56 millones de m³, seguido de la Costa con 59.7 millones de m³ y la Amazonía con 8,03 millones de m³. Desde el año 2008 los derechos de la naturaleza están consagrados en la Constitución Política del Ecuador, por lo tanto el Estado dando cumplimiento en lo establecido en la Carta Magna a nivel nacional con el apoyo del Ministerio de Ambiente, Ministerio de Salud, Ministerio de Productividad y la Secretaria Nacional del Agua, está trabajando en la protección de las cuencas hídricas y en la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, es así que en el año 2013 se registraron 464 empresas de diferentes ramas agroindustriales con plantas de tratamientos de efluentes de las cuales la región Sierra cuenta con mayor número de plantas de tratamiento seguido por la Amazonía y la Costa (INEC, 2013).

En la provincia Bolívar existen alrededor de veinte empresas legalmente constituidas que elaboran productos lácteos, cárnicos, de confitería y otros; ninguna cumple con políticas para la preservación del medio ambiente, por el contrario existen varios problemas con el manejo de los desechos generados. El tamaño de las empresas, la falta de aportes que permitan implementar un sistema

para el tratamiento de aguas residuales, la falta de control y sanciones por parte de las entidades gubernamentales son determinantes en el cumplimiento de las medidas de control ambiental (INNBOLIVAR, 2013).

Por lo anteriormente expuesto, es fundamental diseñar un sistema de tratamiento para la purificación de aguas residuales y tomaremos como plan piloto a la empresa Tuquerez, una planta de producción de lácteos emblemática del cantón Echeandía, con el objetivo de minimizar la carga orgánica y química de los efluentes que son depositados al cauce fluvial y así reducir el impacto ambiental que provocan.

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Medir el caudal del efluente de la planta de lácteos Tuquerez que se genera durante el período de producción en la mañana.
- Obtener muestras compuestas de las aguas residuales in-situ en la planta de lácteos Tuquerez durante todo el proceso diario de producción.
- Analizar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales provenientes de las muestras compuestas obtenidas de la empresa de lácteos Tuquerez.
- Diseñar y simular un sistema de tratamiento de los efluentes de la planta de lácteos Tuquerez, utilizando el programa SúperPro Designer, para reducir la carga contaminante.

CAPÍTULO II

PROBLEMA

La empresa de lácteos TUQUEREZ ubicada en el recinto Camarón perteneciente al cantón Echeandía provincia de Bolívar, es una microempresa privada que se encarga de la producción de quesos para su distribución a nivel local y nacional.

Dentro del proceso productivo, la materia prima que ingresa al día es de 1.000 litros de leche aproximadamente y se utiliza mensualmente alrededor de 30 a 40 m³ de agua lo que representa un consumo diario de 1.116 litros de agua que después de su uso son desechados en el río San Camilo, una de las principales fuentes hídricas del recinto y del cantón.

Los efluentes generados del procesamiento de la materia prima en producto elaborado, contienen una serie de elementos químicos como detergentes y desinfectantes provenientes de la limpieza de equipos, lavado de superficies, servicios higiénicos y lavamanos del personal así como residuos de leche, queso y suero que por su descomposición generan grasas, aceites, proteínas, aminoácidos, lactosas y sólidos suspendidos que se degradan dependiendo de su solubilidad constituyendo una carga de contaminación orgánica para las aguas residuales, todos estos componentes son depositados en el río sin ningún tratamiento previo provocando un alto grado de contaminación que afecta al medio ambiente, alterando el hábitat acuático y terrestre, influyendo silenciosa y negativamente en la salud de los habitantes que se proveen de esta fuente hídrica para actividades de riego, bebederos de animales, actividades turísticas, etc.

En el ámbito legal la empresa no responde a las exigencias de implementación de sistemas de tratamientos residuales contemplados en el Tratado Unificado de Legislación Ambiental emitido y controlado por el Ministerio de Ambiente y de Salud Pública (Tuquerez, 2015).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR

El Ecuador tiene una deuda en cuanto a los esfuerzos para mejorar la calidad de agua que ha sido contaminada producto de la actividad industrial, doméstica y agropecuaria ya que ha sido común el incumplimiento de normas y la impunidad por falta de sanciones rigurosas a los causantes de impactos ambientales adversos. Según los expertos los factores que inciden en este problema de afectación al medio ambiente son la densidad poblacional y su creciente demanda de agua; la calidad del agua se ve alterada por: el vertimiento de aguas residuales, la disposición final de residuos sólidos, y, agroquímicos y nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua. Como potenciales agentes de contaminación están los asentamientos poblacionales, las actividades industriales y agropecuarias. Se espera que para los próximos años exista un incremento en las actividades de diversas plantas de tratamiento en distintas industrias alimenticias (CEPAL, 2012).

La mala calidad del agua es una amenaza a las condiciones sanitarias de la población, especialmente para los sectores con un alto índice de pobreza que son los afectados por enfermedades de origen hídrico. Los costos de atención médica para atender estas afecciones son muy incidentes y de influencia negativa en la economía familiar de la población del país lo que los convierte en un estrato de mayor vulnerabilidad y con pocas posibilidades de optar por un grado mínimo de desarrollo (CEPAL, 2012)

El tratamiento de los desechos líquidos urbanos e industriales es casi inexistente (apenas un 7%) ubicadas en el Austro del país, porque no se aplican las normas ambientales establecidas por el Ministerio de Ambiente (MAE), utilizándose el alcantarillado para la eliminación de aguas residuales que las conduce directamente al curso de los ríos, y, en otros casos el vertido de aguas grises directo al recurso agua.

3.2. BASE LEGAL DEL ECUADOR

La Constitución de la República del Ecuador es generosa en cuanto a legislación en favor de los derechos de la naturaleza, en el Capítulo Séptimo Art. 72 y 73 garantiza el respeto a la naturaleza o Pacha Mama. Además, el Estado Ecuatoriano cuenta con la Ley de Recursos Hídricos que promueve la recuperación, conservación y protección recursos hídricos del país a través de un manejo integrado y sostenible en pro del bienestar individual y colectivo; y, obliga a las industrias en desarrollo a que se labore con sentido humano y esencialmente cualitativo para promover la preservación del ambiente, siendo entidades del estado las encargadas de velar por el cumplimiento de esta ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Entidades gubernamentales como el Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente, Secretaria del Agua, son las encargadas de controlar y monitorear que se cumplan con las normas legales establecidas el Art. 16 de la Ley de Prevención y Control Ambiental, que dice “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades”. Le corresponde a los ministerios encargados supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales así como su operación y mantenimiento con el propósito de que se cumplan las normas (MAE, 2004).

3.2.1. Normativa ambiental

Existen las normas del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA), en el anexo 1 del libro VI Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: cuyo objetivo principal es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (MAE, 2014).

En la Tabla 1, se menciona las normas generales para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce donde se describe el límite de la carga máxima permitida a los cuerpos receptores de los que son sujetos de control.

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permitido
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloruro	Cr	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo	P	mg/l	10,0
Hierro	Fe	mg/l	10,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólitos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ - 2S-	mg/l	1000
Temperatura	°C		Condiciones naturales ± 3

Fuente: TULSMA, 2014.

3.3. DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales en general se basa en algunos de los siguientes mecanismos:

3.3.1. Tratamiento preliminar

Los tratamientos preliminares presentados en la Tabla 2, son destinados a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación con el fin de seguir al tratamiento subsiguiente sin perjudicar a los equipos mecánicos sin causar obstrucción de tuberías y causar depósitos permanentes en tanques (Marsilli, 2005).

Tabla 2. Tratamiento preliminar

Tipos	Subdivisión
Tratamiento preliminar	Rejas o tamices Trituradores Desarenadores Desengrasadores

Fuente: Ramalho, 2003.

3.3.2. Tratamiento primario

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida, neutralización de pH, regulación de caudal y estabilización térmica, es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio mostrados en la Tabla 3. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales son del 60% en sólidos suspendidos. Esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la antesala para el tratamiento secundario (Moyano; Morgan; Guereca, 2013).

Tabla 3. Tratamiento primario

Tipos	Subdivisión
Tratamiento primario	Cribado o desbrozo Sedimentación Flotación Separación de aceites Homogenización Neutralización

Fuente: Ramalho, 2003.

3.3.3. Tratamiento secundario

El material orgánico solubilizado o en estado coloidal puede ser utilizado como fuente de carbono por parte de microorganismos existentes en el medio, transformándolos en subproductos volátiles y en componentes celulares (Tabla 4). A su vez, las células microscópicas pueden ser separadas del efluente utilizando técnicas de separación sólido/líquido (Zaror, C. 2000).

Tabla 4. Tratamiento secundario

Tipos	Subdivisión
Tratamiento secundario	Lodos activados Aireación prolongada Laguna de aireación Estabilización por lagunaje Filtros biológicos Discos biológicos Tratamientos anaerobios.

Fuente: Ramalho, 2003.

3.3.4. Tratamiento terciario o avanzado

El tratamiento terciario (Tabla 5), se emplea para separar la materia residual de los efluentes de procesos de tratamientos biológicos, a fin de prevenir la contaminación de los cuerpos de agua receptores, o bien, obtener la calidad adecuada para reúso, factor de importancia en la planeación de recursos hidráulicos donde el abastecimiento de agua potable es limitado. Los sistemas terciarios frecuentemente implican elevados costos de inversión. No obstante, se han reportado algunas experiencias con resultados satisfactorios en la aplicación de materiales naturales locales de bajo costo para la remoción de contaminantes residuales (Vaca; Chapa; Carrera; Mendieta; Cisneros. 2014).

Tabla 5. Tratamiento terciario o avanzado

Tipos	Subdivisión
Tratamiento terciario o avanzado	Microtamizado Filtración (lecho de arena, antracita) Precipitación y coagulación Adsorción (carbón activado) Intercambio iónico Osmosis inversa Electrodiálisis Cloración y ozonización

Fuente: Ramalho, 2003.

Adicionalmente para la aplicación de tratamientos de aguas residuales hay dos tipos de tratamiento de efluentes líquidos que se pueden utilizar independientemente, y esos son la etapa de desinfección y otro manejo de lodos (Rojas, 2002).

En la Tabla 6 se describe la eficiencia de los distintos sistemas de tratamientos, aplicado para los parámetros que más afectan a las industrias en general que contienen cargas contaminantes.

Tabla 6. Eficiencia de los procesos de tratamientos de aguas residuales

PROCESO	DBO (%)	DQO (%)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (%)
Tratamiento preliminar			
Cribado fino	5-10	5-10	2-20
Sedimentación o cloración	15-30	--	--
Tratamiento primario			
Sedimentación simple	25-40	20-35	40-70
Precipitación química	50-85	40-70	70-90
Tratamiento secundario			
Filtros percoladores	50-95	50-80	50-92
Lodos activados	55-95	50-80	55-95
Tratamiento avanzado			
Cloración aguas tratadas	--	--	--

Fuente: Rojas, 2002.

(--): no tiene valores

Para cada uno de los contaminantes se aplican diferentes operaciones con el fin de eliminarlos con eficacia. En la Tabla 7 se muestran los principales contaminantes que se generan en la industria con sus respectivas operaciones.

Tabla 7. Operación para la eliminación de contaminantes

Contaminantes	Operaciones
Grasas y aceites libres y emulsificador	Separación por gravedad Filtración Flotación
Sólidos suspendidos	Sedimentación Coagulación y sedimentación Flotación Filtración
Materia orgánica disuelta	Tratamiento biológico aeróbico Tratamiento biológico anaeróbico Absorción Oxidación química
Materia inorgánica disuelta	Evaporación Intercambio Iónico Osmosis reversa Electrodialisis
Gases y material particulado	Incineración Absorción
Residuos sólidos y lodos de tratamiento	Tratamiento biológico Incineración Vertederos controlados Comportado, fertilizante y forraje.

Fuente: Zaror, 2000.

3.4. SIMULACIÓN DE PROCESOS

La simulación es una técnica que permite crear modelos apoyándose en equipos y programas informáticos que posteriormente servirán para analizar el comportamiento de un sistema en diferentes circunstancias, analizando los posibles cambios y sus consecuencias. Desafortunadamente, son muchos los sectores industriales que no aprovechan las ventajas que esta tecnología ofrece para la toma de decisiones, el ahorro de costos y optimización de procesos industriales (Villanueva Castellón, 2009).

La simulación de procesos industriales se usa para desarrollar y validar el diseño de las plantas industriales de manufactura en su conjunto, permite comparar varios escenarios diferentes de tal manera que se pueda predecir el comportamiento de cada uno de ellos. Las herramientas de simulación se pueden aplicar para minimizar un amplio abanico de problemas en diferentes sectores destacando el diseño de industrias de fabricación o modificación de plantas/línea de producción. La principal ventaja es que se trata de una herramienta que bien empleada es muy fiable para la toma de decisiones (Villanueva Castellón, 2009).

3.5. SUPERPRO DESIGNER

El programa Súper Pro Designer, es un simulador de procesos comercial capaz modelar, evaluar y optimizar las operaciones industriales que acosan al medio ambiente, es un sistema de tratamiento para la purificación de aguas residuales con el objetivo de disminuir la carga orgánica y química de los efluentes que son depositados al cauce fluvial, de esta manera se puede prevenir un alto grado de contaminación. Este software es utilizado a nivel mundial en más de 450 plantas industriales, en más de 500 colegios y universidades de todo el mundo incluido la Universidad Estatal de Bolívar con una efectividad garantizada (Intelligen, Inc. 1996).

El problema matemático que surge como consecuencia de una simulación corresponde a la solución de un conjunto de ecuaciones algebraicas no lineales del tipo:

Ecuación 1: $f(x) = 0$

Dónde:

x : Velocidad real de dimensión n.

f : conjunto de funciones reales de dimensiones m, con $m \leq n$.

La función f representa el modelo matemático del proceso.

El software profesional SuperPro Designer es ampliamente utilizado a nivel mundial para la simulación y diseño de plantas de la industria principalmente química y farmacéutica, Entre las prestaciones que ofrece se encuentran:

- Análisis de alrededor de 80 operaciones unitarias.
- Bases de datos de los compuestos químicos más utilizados en la industria biotecnológica, equipamiento y materiales de construcción.
- Los balances de masa y energía de procesos integrados.
- Un análisis económico detallado.

Los pasos necesarios para llevar a cabo la simulación de un proceso a través del simulador SuperPro Designer 8.5, se enlistan a continuación:

- Especificar el modo general de operación.
- Registrar todos los componentes puros y las mezclas del proceso.
- Construcción del diagrama de flujo del proceso.
- Inicializar las operaciones de las unidades del diagrama de flujo.
- Inicializar las corrientes de entrada a las unidades del proceso.
- Inicialización del itinerario de los procesos.
- Desarrollar la simulación (Balances de masa y energía).

- Finalmente realizar el análisis de los resultados de la simulación.

A un paso de procesamiento básico sencillo se le llama “unidad de proceso”, el cual es un término usado por un proceso continuo. Las tareas individuales contenidas en un proceso (por ejemplo, Transfer in, Ferment, Transfer Out, CIP, etc.) son llamadas “operaciones”. Una unidad de proceso es representada en el diagrama de flujo con un solo ícono que representa a los principales equipos utilizados (Valdovinos, 2014).

Las simulaciones en computadora se han utilizado con éxito en muchos procesos industriales para modelar y predecir los costos de producción. Proporcionan la capacidad para estimar el efecto de los crecientes costos de las materias primas o los servicios públicos, las variaciones en la composición del material y la incorporación de nuevas tecnologías. Con un escenario del caso base y el diseño del modelo para simular esas condiciones, permite al usuario estimar resultados de las alternativas de los procesos con confianza (Valdovinos, 2014).

3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Los residuos líquidos de una empresa láctea poseen una fuerte variabilidad horaria en función de los diferentes procesos productivos que se generan en la planta que se alternan con las etapas de limpieza y esterilización de las líneas de trabajo. El análisis inmediato de las características del agua residual permite conocer su poder contaminante y decidir si el residual debe ser sometido a tratamiento o no. Además tenemos el análisis mediato, es cuando el agua residual presenta características que obliga su tratamiento, los datos que aporta la caracterización son imprescindibles para el diseño de la instalación de tratamiento (Falcón Hernández, 2015).

La caracterización de las aguas residuales es un proceso muy importante para poder determinar la contaminación por la que se encuentra esta agua residual, por lo que para determinar su grado de contaminaciones se debe realizar análisis tantos como: físicos, químicos y microbiológicos si el caso lo amerita. Además, de estos parámetros se debe establecer otros parámetros como la cantidad se

sustancia orgánica y cantidad de sólidos que transporta el agua residual de la empresa. Con esto nos ayudará a seleccionar los diferentes procesos de tratamiento que resulten más económicos tanto para la empresa y eficaz para el medio ambiente (Hernández; Vascones, 2014).

3.6.1. Propiedades Físicas

- **Temperatura**

En las muestras es importante medir la temperatura porque interviene en la solubilidad de los gases, de las sales y las reacciones biológicas que se puedan presentar. Además sirve para saber el grado de saturación de oxígeno, el cálculo de la alcalinidad.

Este parámetro tiene gran importancia en la microbiología de los efluentes ya que tiene un grado de control importante sobre la actividad de los diferentes microorganismos que contiene el efluente, es en función de la temperatura que pueden aumentar su actividad o inhibirse. La medición de la temperatura puede realizarse “*In Situ*” o en el laboratorio (Peruyera, 2010).

- **Conductividad**

El agua contiene una conductividad eléctrica baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrones. Por eso se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C (Echarri, 2007).

- **pH**

La eficiencia de la corriente en el proceso de solubilidad del metal para formar hidróxido es influida por el pH. Según investigaciones el pH varía en el proceso de electrocoagulación; esta variación depende del material de los electrodos y del pH inicial del agua a tratar.

Durante el proceso el pH puede incrementarse para aguas residuales ácidas debido a la generación de hidrógeno molecular que se origina en el cátodo; en aguas residuales alcalinas el pH puede decrecer y dependiendo de la naturaleza del contaminante el pH influye sobre la eficiencia del proceso. Algunas aguas residuales muestran mejor eficiencia en la remoción de sus contaminantes al utilizar la electrocoagulación a pH básicos, y otras a pH ácidos (Arango, 2012).

- **Turbidez**

La turbiedad es un parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. El material coloidal impide la transmisión de la luz ya que la absorbe o dispersa. La mayor turbiedad está relacionada con partículas de tamaño inferior a 3 μm y con partículas de tamaño entre 0.1 y 1.0 μm . No hay una relación concreta entre la turbiedad y la concentración de sólidos suspendidos en aguas residuales sin tratamiento a pesar de existir una correspondencia entre la turbiedad y los sólidos suspendidos. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (Gil; Tarache, 2010).

- **Sólidos totales disueltos**

Los sólidos totales disueltos es una medida de la materia combinada orgánica e inorgánica en una muestra de agua, más pequeña de 2 micrones y no pueden ser removidos por un filtro tradicional ni pasar por un filtro de dos micrómetros. Es un indicador de la calidad del agua esencialmente es la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua. TDS es clasificado como un contaminante secundario y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. El agua con TDS elevado tiene una apariencia turbia y disminuye el sabor. Personas que consumen agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal. Es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua porque pueden interferir con equipos de tratamiento. El tratamiento de agua por TDS puede lograrse por ósmosis reversa o destilación (Singles; Bauder, 2012).

3.6.2. Propiedades Químicas

- **Demanda química de oxígeno**

La DQO es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica del agua residual bajo los efectos del efecto oxidante, temperatura y tiempo una medida aproximada del contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable del efluente. En condiciones naturales, la materia orgánica puede ser biodegradada lentamente (oxidada) hasta CO₂ y H₂O mediante un proceso que puede tardar unas pocas semanas hasta unos cuantos cientos de años, dependiendo del tipo de materia orgánica presente y de las condiciones de la oxidación. En las pruebas se acelera artificialmente la biodegradación que realizan los microorganismos mediante un proceso de oxidación forzada utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados, que tienen por objeto garantizar la reproducibilidad y comparabilidad de las mediciones (Romero, M; Colín; Sánchez; Ortiz, 2009).

- **Nitratos**

Nitrato se encuentra solo en pequeña cantidad en las aguas residuales domésticas, en cuanto a las aguas residuales industriales se puede encontrar en concentraciones mayores a 30 mg/L N/l. El nitrito es una nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como determinante del crecimiento de estos. Una concentración alta de nitratos, es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados, principalmente porque pueden ocasionar metahemoglobinemia, o la enfermedad de los bebés azules (Marín; Osés, 2013).

- **Nitritos**

El nitrito se produce por oxidación biológica o reducción del nitrato, puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos que son el resultado de los desechos descargados por la industria láctea hacia los cuerpos de agua dulce en donde por su toxicidad representan peligro para las especies acuáticas y alteran la salud del ser humano (Gaibor, 2012).

- **Cloruro**

Los cloruros son sales inorgánicas presentes en las fuentes de agua natural y residual. En estado natural es inocuo pero en altas cantidades puede dañar estructuras metálicas y afectar al crecimiento de las plantas. El sabor salado provocado por los cloruros en el agua obedece a la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl (Gaibor, 2012).

- **Fósforo**

En aguas residuales el fósforo se encuentra como fosfatos y en formas orgánicas. El agua se contamina con este elemento debido al uso de productos de limpieza sintéticos con compuestos fosforados como principios activos. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser un nutriente limitante de la productividad primaria. En concentraciones elevadas provoca eutrofización por la incorporación de aguas residuales o tratadas, estimula el crecimiento acelerado de macro y microorganismos (Romero, M; Colín A; Sánchez; Ortiz, 2009).

- **Cromo**

Las aguas residuales contienen entre 4000-5000 ppm hasta 1000-1500 ppm de cromo según el proceso utilizado. De acuerdo a la normativa legal el contenido de Cr (III) ha de ser inferior a los 2mg/L. Para la eliminación del Cromo la precipitación es el proceso químico más empleado. Se basa en el ajuste del pH por adición de agentes alcalinos (Moral, 2011).

3.6.3. Propiedades microbiológica

- **Coliformes totales**

El grupo coliforme es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo se transmiten utilizando como vehículos a los alimentos y el agua. En los alimentos no solo sobreviven sino que se multiplican. El grupo de bacterias

coliformes totales comprende todos los bacilos Gram- negativo, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Camacho; Giles; Ortegón; Palao; Serrano; Velázquez, 2009).

- **Coliformes fecales**

Es un bacilo corto Gram negativo que se encuentra clasificado dentro de la familia Enterobacteriaceae (bacteria entéricas). Se pueden distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad de producir Indol a partir de la triptófano o por producción de enzimas. Hay gran cantidad de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. (Camacho; Giles; Ortegón; Palao; Serrano; Velázquez, 2009).

3.7. MUESTREO

El método de muestreo consiste en tomar una porción considerable y representativa de una masa de agua residual con el propósito de examinar diversas características definidas. Para lograr que cumpla con las especificaciones técnicas se debe cumplir con todos los métodos de conservación que garanticen que se conserve su composición y que no se presenten significativos. Además debe ser planteado para satisfacer los objetivos del estudio. El número de muestras y la ubicación donde se tomará la muestra debe ser establecido previamente para garantizar la ubicación adecuada en la toma de las muestras (Oficina medio ambiental, 2013).

3.7.1. Tipo de muestreo

A continuación se menciona uno de los tipos de muestreos más importantes y la cual servirá para la presente investigación:

3.7.1.1.Muestreo continuo

Son submuestras obtenidas a diversos intervalos de tiempo o de espacio del efluente. Cada submuestra se corresponde con una porción del volumen total a

analizar para obtener información de los valores medios de los parámetros por determinar en el sistema ya sea con carácter temporal (toma de muestras a intervalos temporales fijos) o espacial (toma de muestras en un mismo instante a distancias o profundidades determinadas). Este muestreo está indicado cuando las características del sistema no son uniformes y el muestreo basado en muestras compuestas puede darnos un valor promedio alejado de los valores punta del sistema.

El diseño de un programa de muestreo de muestras compuestas se puede basar en tomas de volumen de muestra (alícuota) constantes en el tiempo o en el espacio, o proporcionales al caudal del sistema en cada momento o posición (muestra proporcional). La muestra proporcional suministra una información más próxima al valor medio en los casos en que el efluente sufre graves fluctuaciones del caudal (Cabanelas; Anzar, 2012).

3.7.2. Manipulación de la muestra

En el sentido estricto, es una muestra recolectada en un tiempo determinada y lugar en particular. Por eso el muestreo debe realizarse considerando los máximos cuidados. Por otra parte de una muestra depende la representatividad de los resultados analíticos que se obtendrán en el laboratorio.

La toma de muestra no solo involucra el proceso de obtención físicamente de la muestra sino el manejo de la muestra ya sea en la manipulación y traslado. Para asegurar la muestra el inspector debe rotular la muestra. Si las muestras llegan al laboratorio y no reúne las condiciones como por ejemplo tipo de envase, preservación, transporte e identificación, la muestra será rechazada. Además se debe evitar accidentes del personal encargado del muestreo (Bolívar, 2011).

3.8. MEDICIÓN DEL CAUDAL

Este método servirá para fijar la corriente del caudal del efluente que se genera en la Planta de Lácteos Tuquerez.

3.8.1. Método volumétrico

Este método se aplica para tubería o canal abierto, cuando el vertimiento presenta una caída de agua en la cual se pueda interponer un recipiente; se requiere un cronómetro y un recipiente aforado ya sea en baldes o galones. Se utiliza un balde para caudales bajos o una caneca cuando se deban manejar grandes caudales. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. Se toma un volumen de muestra cualquiera dependiendo de la velocidad de llenado y se mide el tiempo transcurrido desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; este paso se debe realizar lo más rápido posible con lo cual lograremos obtener un tiempo más real que sirva como fuente para cualquier información (Fuquene; López, 2013).

En relación volumen tiempo, se aplica la siguiente formula:

Ecuación 2:
$$Q = V / t$$

Siendo:

Q = caudal (L / s)

V = Volumen (L),

t = Tiempo (s).

Para obtener un valor estimado, se aplicará la siguiente formula.

Ecuación 3:
$$Q_{real} = Q \cdot 1,25$$

Dónde:

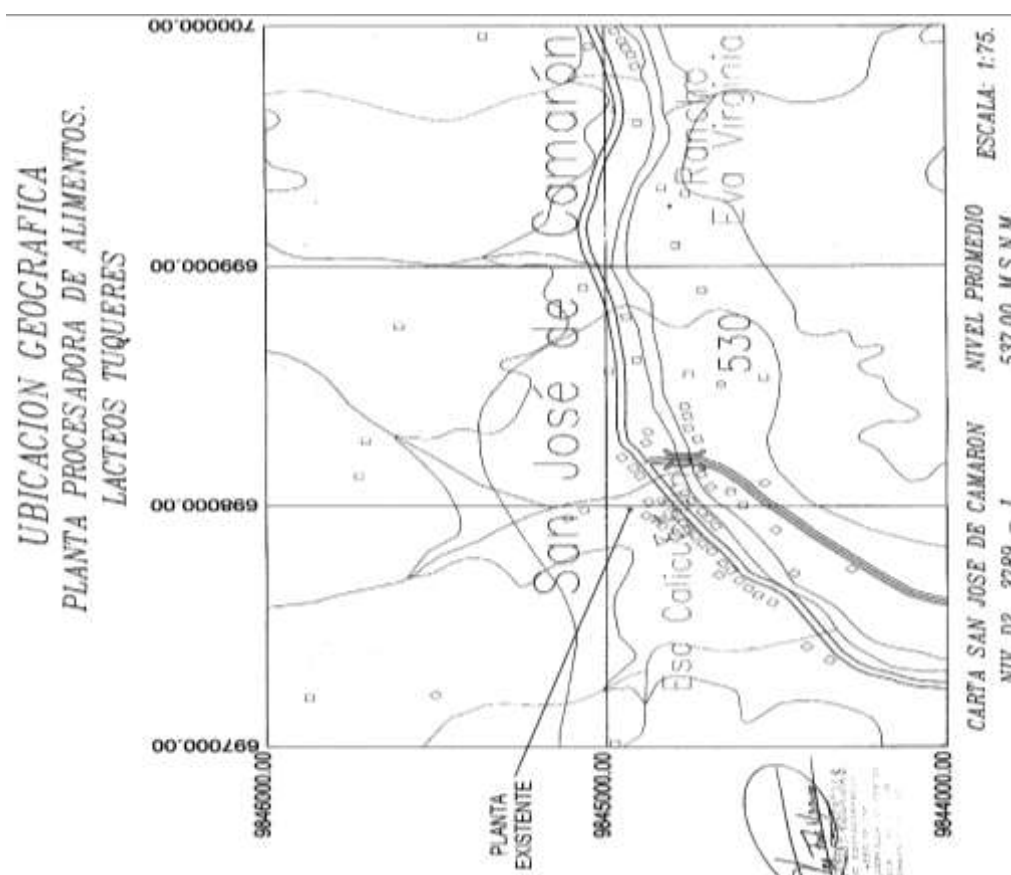
Q: caudal del efluente,

1,25: se sobredimensiona aumentando un 25%.

3.9. PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ

Lácteos Tuquerez, se constituyó como empresa en Mayo del 2004 por iniciativa de su propietario señor Edwin Tuquerez Ruiz. Esta planta se dedica al procesamiento de lácteos. Se encuentra ubicada a una cuadra de la escuela Atahualpa en la vía a La Palma del recinto Camarón jurisdicción del cantón Echeandía provincia de Bolívar, como se indica el Gráfico 1.

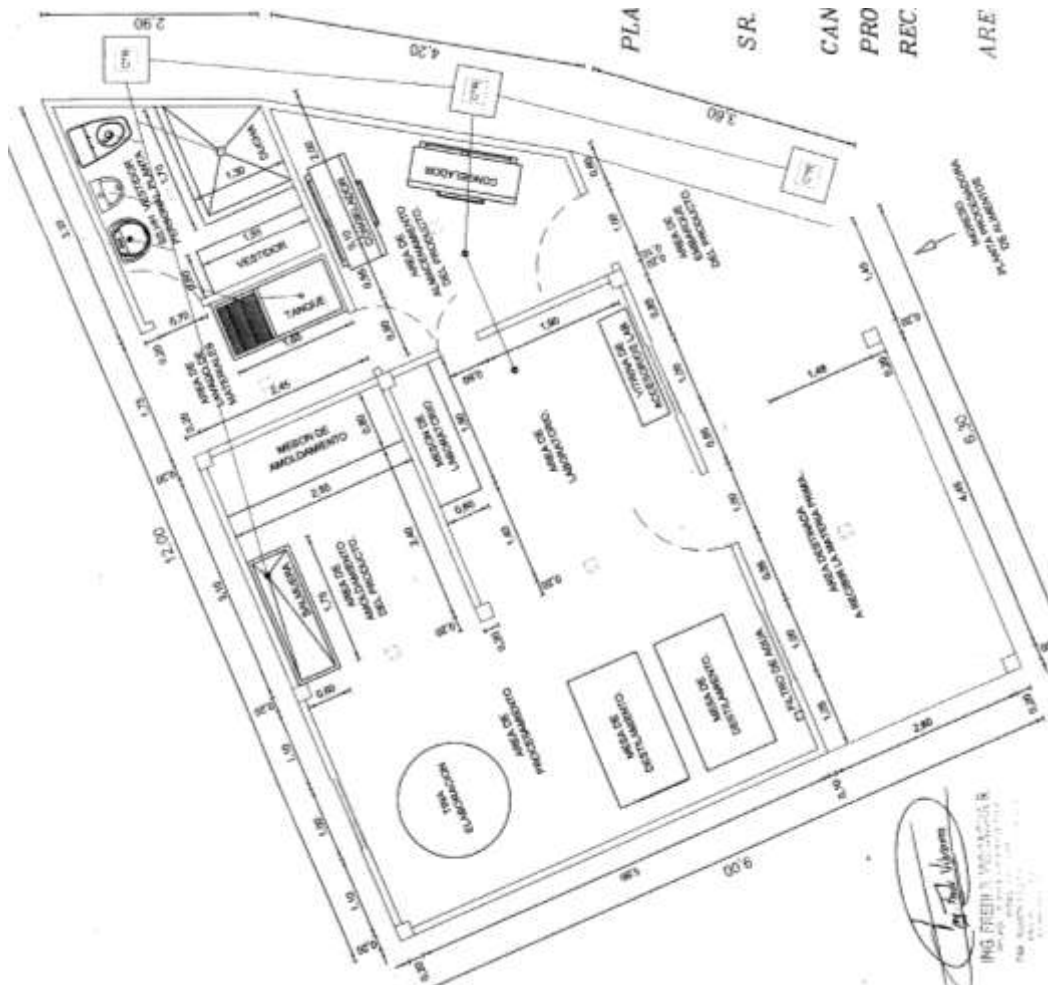
Gráfico 1. Ubicación geográfica de la planta de lácteos Tuquerez



Fuente: El autor, 2016.

La planta ocupa una área de 85.72 m² (gráfico 2); cuenta con los elementos técnicos específicos que se necesita para la actividad de una planta de este tamaño y características. Por su puesto que la aspiración de su propietario es seguir creciendo con el fin de aumentar su capacidad de producción.

Gráfico 2. Plano de la planta de lácteos Tuquerez

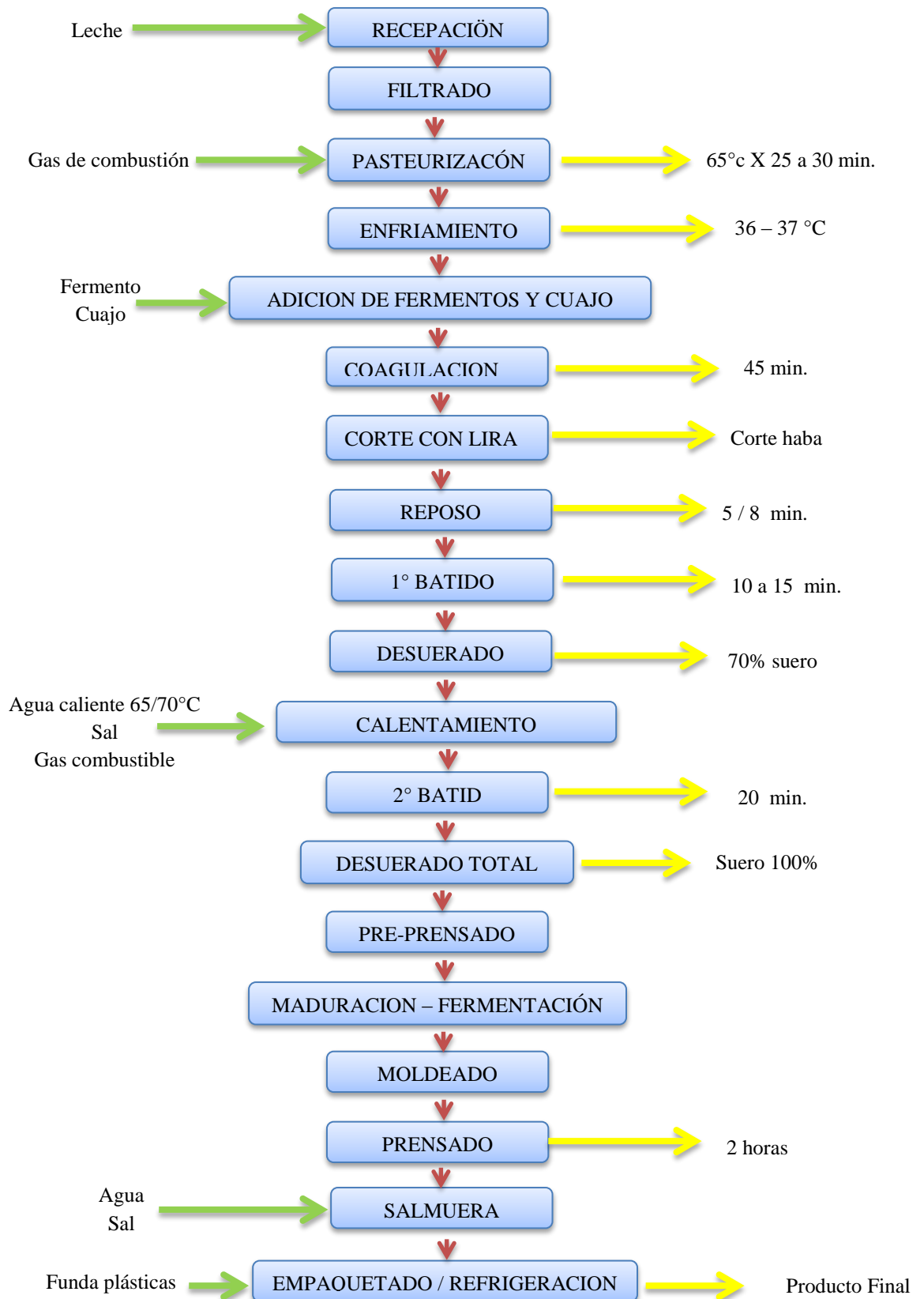


Fuente: El autor, 2016.

3.9.1. Producción en la planta

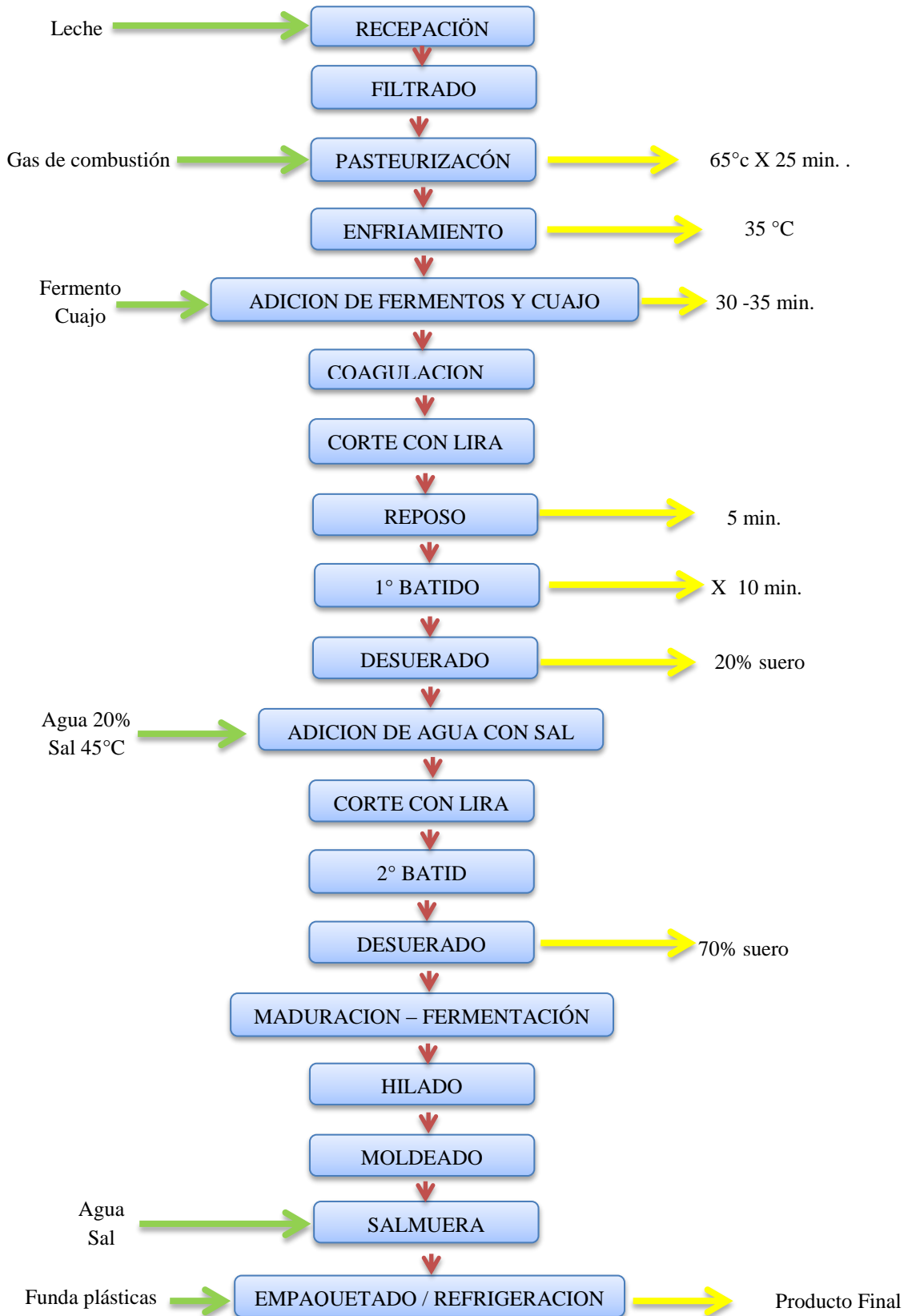
La planta de lácteos Tuquerez cuenta con una capacidad de recepción de materia prima (leche) de 1.000 litros aproximadamente, dependiendo de la época de mayor o menor generación de este material básico. Los productos que se elaboran en esta planta son esencialmente dos clases de queso: el queso Mozzarella y el queso Andino. La planta cumple parcialmente con las normas de buenas prácticas de manufactura, esto no significa que el producto no sea de buena calidad, al contrario, son pequeñas técnicas que hacen falta aplicarlas para que garantice su cumplimiento.

Diagrama de flujo de la elaboración de queso andino



Fuente: El autor, 2016.

Diagrama de flujo de la elaboración de queso mozzarella



Fuente: El autor, 2016.

3.9.2. Descarga del efluente que se genera en la planta

La descarga del efluente que se genera en la planta de lácteos, cuenta con un sistema de drenaje entubado subterráneo formado por tubería de plástico de 4 pulgadas de diámetro que transporta el efluente una distancia aproximada de 15 a 20 metros desde la planta hasta desembocar en las orillas del río San Camilo.

Esta tubería es la única fuente de descarga de todos los compuestos líquidos y sólidos que se generan durante el proceso de elaboración de los diferentes productos en la planta de lácteos como se demuestra en el Gráfico 3. Todo este recorrido sale sin ningún tipo de tratamiento por lo que al llegar a su desembocadura se mezcla con la flora y fauna que existe alrededor.

Gráfico 3. Tubería donde desemboca el efluente de la empresa



Fuente: Trabajo Experimental, 2016.

El río San Camilo (Gráfico 4) es un río perenne, moderado en época de verano, su caudal aumenta considerablemente en época de invierno y al ser uno de los principales afluentes del río Chazo Juan protagonizan grandes crecientes que azotan al cantón Echeandía y sus alrededores constituyendo un peligro principalmente para la población que se asienta a sus orillas.

Gráfico 4. Río San Camilo



Fuente: Trabajo Experimental, 2016.

3.9.3. Detergente que se utiliza en la planta de lácteos

La planta de lácteos Tuquerez utiliza dos productos de composición química como son los detergentes (Deja y TQ-HTP) especialmente para la etapa de limpieza tanto de los equipos como de la infraestructura. Estos detergentes son causantes de una parte de la contaminación que se genera en la planta, al hacer contactado con el agua y con los residuos lácteos forman una carga contaminante elevada que al ser descargados al río generan una gran problemática al medio ambiente.

En la tabla 8 se muestra la descripción, composición, y biodegradabilidad de los productos que se utilizan frecuentemente en la planta y que servirá para identificar los productos nocivos y contaminantes.

Tabla 8. Descripción de los productos de limpieza de la planta

Nombre	Descripción	Composición	Biodegradable
TQ-HTP	Detergente desengrasante liquido universal	S/N	Si
Deja	Detergente en polvo para el lavado	Sulfato de sodio anhidro, carbonato de sodio, dodecil bencén sulfanato de sodio lineal, silicato de sodio, agua, bentonita, blanqueador óptico, gránulos de colores, tripolifosfato de sodio, perfume, enzimas, carboximetilcelulosa de sodio.	No

Fuente: El autor, 2016.

3.9.4. Composición de los efluentes en la industria láctea

El proceso para la obtención de quesos, cremas y mantequilla, el lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina son dentro de la industria alimentaria los mayores residuos contaminantes. 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 produciendo ácido láctico sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico descendiendo el pH a 4,5 – 5,0 la composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como lactosa, sales minerales y

suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una demanda química de oxígeno (DQO) entre 2000 – 4000 mg/l y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 2000 – 3000 mg/l, el consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8,0 – 35 l/kg de leche. (Arango; Sánchez, 2009).

El suero es uno de los principales productos de contaminación en la industria láctea. Este es un producto que generalmente se considera residuo y es vertido a las fuentes de agua sin ningún tratamiento previo. Dada su composición de proteínas, grasa y carbohidratos (lactosa) es un sustrato ideal para procesos fermentativos y de obtención de otros productos, principalmente queso ricotta, aunque también hay avances en la producción de etanol (por fermentación con *Kluyveromyces fragilis*), procesos de desmineralización, hidrólisis de lactosa y producción de metano.

Es en el agua donde se hace más evidente la contaminación por las grasas, proteínas, sales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La lactosa es el principal aportante de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el suero resultante de la elaboración de quesos es un factor crítico pues puede alcanzar DBO del orden de 40.000 a 50.000 mg/L. (Restrepo Gallegos, 2006).

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

A. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la empresa de Lácteos Tuquerez y en el Laboratorio de Aguas y Suelos perteneciente a la Universidad Estatal de Bolívar. (Tabla 9, 10).

B. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 9. Ubicación Territorial

UBICACIÓN	LOCALIDAD
Provincia	Bolívar
Cantón	Echeandía
Recinto	Camarón

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Echeandía, 2011.

C. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA

Tabla 10. Situación geográfica y climática

DESCRIPCIÓN	DATOS
Altitud	600 msnm
Longitud	78°, 16'30"W
Latitud	01° 25'58"
Temperatura media anual	23°C
Temperatura máxima	30°C
Temperatura mínima	16°C
Humedad relativa (%)	90%

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Echeandía, 2011.

D. ZONA DE VIDA

La zona de vida del lugar en el que se llevó a cabo la investigación corresponde a: Bosque Húmedo Pre-Montano (b.h.P.M) o Holdridge cañadas. Los límites latitudinales de este piso son entre 300 a 2000 m.s.n.m. que abarcan temperaturas de 18° a 22° C. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Echeandía, 2011).

E. MATERIALES

1. Material Experimental

La presente investigación tiene como fuente de estudio, las aguas residuales provenientes de la planta de lácteos Tuquerez.

Materiales de Laboratorio

Equipos de laboratorio

- Turbidímetro
- Potenciómetro
- Conductímetro
- Espectrofotómetro
- Titulométrico
- Autoclave
- Incubadora
- Bomba al vacío
- Filtro de membrana
- Embudo

- Probeta de 1000 mL
- Cedazo
- Vaso de precipitación 50mL,150mL.
- Pipeta
- Pizeta

Reactivos de laboratorio

- Agua destilada y desionizada
- Solución estándar de KCl 0,01 M
- Sulfato de hidracina
- NitraVer
- NitriVer
- Cianuro de amoníaco
- Salicitato de amoníaco
- CromoVer
- PhosVer
- SulfaVer
- CuVer
- Cloro total DPD
- Cloruro
- Nitrato de plata

- Ferro Ver
- ManVer
- Digestión Solución COD

Materiales de Oficina

- Computadora con sus respectivos accesorios
- Libreta de apuntes
- Lápices
- Esferográficos
- Borrador
- Papel boom
- CD

F. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

Para la toma de datos, se seleccionó en función de los parámetros de medición establecidos por las Normas Técnicas Ambientales y de Descarga de Efluentes encontrados en las políticas básicas ambientales del Ecuador (TULSMA, 2014), siendo los siguientes a medir:

1. Parámetros de análisis físicos

A continuación enunciaremos y describiremos los análisis físicos de este estudio. Para este parámetro la unidad experimental será de 250 mL, que serán distribuidas para los siguientes análisis:

- **pH.-** Se recolectó para el pH muestras establecidos en los tres puntos de estudio, para medirlo en el equipo Potenciómetro HQ40d portátil HACH utilizando el método 8156 pH MeterElectro de Method, con un rango de 0 -14 pH.

Además, se utilizó los siguientes reactivos: Agua destilada y desionizada. La cantidad de muestra a utilizar es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB por un período de diez días.

Procedimiento: Se encendió el equipo para verificar si la carga de energía está completa, caso contrario se conectará a una fuente de alimentación. Se colocó la muestra en un vaso de precipitación. Enjuagamos la sonda con agua desionizada y a continuación con la muestra, secamos con un trapo que no tenga pelusa. Se puso la sonda en la muestra y agitamos suavemente. Nos aseguramos de que las uniones de referencia estén completamente sumergidas. No se colocó la sonda en la parte inferior o los lados del contenedor. Se agitó la sonda de lado a lado en la muestra para actualizar la unión de referencia. Se pulsó Medición, en la pantalla apareció "Estabilizando" y se mostró una barra de progreso que indica el ritmo de estabilización de la sonda en la muestra. Cuando la lectura se estabilizó, apareció el icono de candado.

- **Temperatura.-** Para esta medición se utilizó el equipo HQ.40d HACH con la metodología 8160 método de medición directa. Al momento de medir automáticamente aparece su respectivo valor. La cantidad de muestra a utilizar es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

- **Sólidos disueltos.-** El equipo que se utilizó es: HQ.40d HACH con el método 8160 de medición directa la cual tiene un rango de medición de: 0 – 50.000 mg/L. Los reactivos que se utilizaron son: Agua destilada y desionizada. Solución estándar de KCl 0.01 M. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se encendió el equipo y verificó si la carga de energía está completa, caso contrario debía conectar a una fuente de alimentación. Pulsé y seleccioné Configuración de CDC401. Se colocó la muestra en un vaso de precipitación y se incorporó la sonda de conductividad en la muestra asegurando que el sensor de temperatura esté totalmente sumergido y de que la sonda no

toque la parte inferior o los lados del recipiente. Se pulsó medición y en la pantalla apareció "Estabilizando" y una barra de progreso que indica el ritmo de estabilización de la sonda en la muestra. Cuando la lectura se estabilizó, apareció el icono de candado. La medición se corrigió automáticamente de acuerdo con la temperatura de referencia seleccionada (25 °C).

- **Conductividad.-** Este parámetro físico se midió en el equipo HQ.40d HACH con la metodología 8160 método de medición directa, con un rango de: 0.01–200.000 s/cm. Los reactivos que se utilizó son: Agua destilada y desionizada. Solución estándar de KCl 0.01 M. La cantidad de muestra a utilizar es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se encendió el equipo y verificó si la carga de energía está completa, caso contrario debía conectar a una fuente de alimentación. Se colocó la muestra en un vaso de precipitación en la cual se sumergió la sonda de conductividad, se aseguró que el sensor de temperatura esté totalmente sumergido y de que la sonda no toque la parte inferior o los lados del recipiente. Pulsé Medición y en la pantalla apareció "Estabilizando" además de una barra de progreso que indica el ritmo de estabilización de la sonda en la muestra. Cuando la lectura se estabilizó apareció el icono de candado. La medición se corrigió automáticamente de acuerdo con la temperatura de referencia seleccionada. (20°C o 25 °C).

- **Turbiedad.-** Se realizó en el equipo Turbidímetro portátil 2100Q HACH con el método USEPA 180.1 con un rango de: 0 – 1000 NTU. Para este análisis se utilizó los siguientes reactivos: Agua libre de turbidez; solución I: disolver 1.00 g de sulfato de hidrazina en agua destilada y diluir a 50 mL en matraz aforado; solución II: disolver 10.00 g de hexameten- tetraamina en agua destilada y diluir a 100 mL en matraz aforado. suspensión stock de turbidez 400 NTU. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se puso el instrumento sobre una superficie plana y estable evitando sujetarlo mientras se efectúan las mediciones, se encendió el equipo. Se recogió una muestra representativa en un recipiente limpio. Llenamos una cubeta de muestras hasta la línea de llenado (15 mL) sujetando la cubeta por la parte superior. Se tapó la cubeta para evitar derrame de la muestra y se aplicó una película delgada de aceite de silicona. Se limpió con un paño suave para obtener una película uniforme sobre toda la superficie. Se introdujo la cubeta de muestras en el compartimento de modo que el diamante o la marca de orientación de la cubeta coincida con la de orientación marcada en relieve delante del compartimento de la cubeta. La tapa fue cerrada y presionamos Medición. La pantalla mostró NTU y a continuación la turbidez en NTU. Se registró la turbidez después que desapareció el icono de la lámpara.

2. Parámetros de análisis químicos

A continuación se mencionará los análisis químicos de este estudio. Para este parámetro la unidad experimental es de 600 mL que se distribuyó para los siguientes análisis:

- **Nitratos.-** Para este parámetro se utilizó el equipo Espectrofotómetro HACH DR/2800 con su respectiva metodología que lo certifica 8039 método de reducción de cadmio, con un rango de: 0.3-30.0 mg/L $\text{NO}_3\text{-}_\text{N}$. El reactivo a utilizar es el NitraVer 5. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se seleccionó en la pantalla N Nitrato RA PP, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se preparó la muestra adicionando el reactivo NitraVer y se tapó la cubeta. Luego se agitó vigorosamente la cubeta por el tiempo de un minuto y se dejó reposar por cinco minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L. $\text{NO}_3\text{-N}$. Después se midió la muestra preparada y se procedió a la medición.

- **Nitritos.-** El equipo que se utilizó es el Espectrofotómetro HACH DR/2800 con la metodología 8507 método diazotación, con su respectivo rango: 0.002 - 0.300 mg/L NO₂—N. El reactivo que se utilizó es el NitriVer. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se seleccionó en la pantalla N Nitrito RB PP, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada, hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se preparó la muestra adicionando el reactivo NitriVer y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación para mezclar hasta que tomó un color rosado. Se dejó reposar por veinte minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L. NO₂-N. Luego se midió la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Nitrógeno amoniacal.-** El equipo con que se trabajó es el Espectrofotómetro HACH DR/2800 con el método: 8155 método Salicilato¹, con un rango de 0.01–0.50 mg/L NH₃–N. Los reactivos que se utilizaron son: Sobres de cianurato de amoniacal en polvo y salicilato de amoniacal en polvo. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se eligió en la pantalla N amoniacal Salic, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulga, hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se preparó la muestra adicionando el reactivo Salicilato de amoniacal, se tapó la cubeta y se agitó hasta disolver, se esperó tres min. Luego se agregó el otro sobre de cianurato de amoniacal en la misma cubeta, se agitó hasta disolver. Se dejó reposar por quince minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L NH₃–N. Después se midió la muestra preparada y se procedió a la medición.

- **Cromo.-** Se utilizó el equipo Espectrofotómetro HACH DR/2800 con el método 8023 método 1,5 Difenil carbohidracida¹, con un rango de: 0.010–0.700

mg/L Cr⁶⁺. Además se trabajó con el reactivo ChromaVer 3 en polvo. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se pulsó en la pantalla 90 Cromo hex, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se añadió el reactivo ChromaVer 3 y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación para mezclar. Se dejó reposar por cinco minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L Cr⁶⁺. Después se midió la muestra preparada y se procedió a la medición.

- **Fosfatos.-** El equipo con el que se trabajó es el Espectrofotómetro HACH DR/2800, con la metodología 8048 PhosVer 3 método de ácido ascórbico¹. El rango es de: 0.02–2.50 mg/L PO₄³⁻. Además el reactivo que se utilizó es el PhosVer 3 en polvo. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se escogió en la pantalla 490 P react. PV, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se añadió el reactivo PhosVer 3 y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta vigorosamente por treinta segundos. Se dejó reposar por dos minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L PO₄³⁻. Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Sulfatos.-** El equipo que se utilizó es el Espectrofotómetro HACH DR/2800, con el método 8051 sulfalVer 4. Con un rango de 0 a 70 mg/l SO₄²⁻. Su reactivo para el análisis fue es el SulfaVer 4. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se pulsó en la pantalla 680 Sulfate, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se añadió el reactivo SulfaVer 4 y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación hasta mezclar. Se dejó reposar por cinco minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L SO_4^{2-} . Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Cobre.-** Se utilizó para este estudio el equipo Espectrofotómetro HACH DR/2800 con el método 8506/8026 método Bicinchoninato1, con un rango: 0.04–5.00 mg/L Cu. El reactivo que se utilizó es el: CuVer 1 en polvo. La cantidad de muestra que se trabajó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se pulsó en la pantalla 135 cobre Bicin, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se añadió el reactivo CuVer 1 y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación hasta mezclar. Se dejó reposar por dos minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L Cu. Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Cloro total.-** Se utilizó el equipo Espectrofotómetro HACH DR/2800, con la respectiva metodología que lo abala 8167 método FPD1, además con un rango de: 0.02–2.00 mg/L Cl_2 . El reactivo que se utilizó es el Cloro total DPD. La cantidad de muestra que se utilizó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se pulsó en la pantalla 80 Cloro L&T PP, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se preparó la muestra adicionando el reactivo DPD para cloro total y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación para mezclar por veinte segundos. Se dejó reposar por tres minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición primero del blanco

seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L Cl₂. Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Cloruro.-** De la misma forma se utilizó el kit de prueba de cloruros, modelo CDS-DT para la determinación de cloruro, con su respectivo método: Titulación digital 8207 Silver Nitrate. El rango es de 10 a 10000 mg/L de Cl. Y los reactivos que se utilizaron son: almohadillas de cloruro 2. Cartucho digital de titulación de Nitrato de Plata. Agua desionizada. La cantidad de muestra con la que se trabajó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se seleccionó el cartucho que contiene nitrato de plata, según el volumen de la muestra con la que va a trabajar fijándose en la tabla. Se Insertó el cartucho de nitrato de plata al titulador digital con cuidado. Se colocó el tubo de entrega con gancho. Se giró la perrilla y dejó salir unas gotas de reactivo. Se restableció el contador a cero y limpiamos la punta. Se usó una probeta graduada para medir la muestra para luego pasar la muestra a un Erlenmeyer de 250mL. Se Agregó en el Erlenmeyer 100mL de agua desionizada para diluir. Se añadió todo el contenido de la almohadilla de Chloride 2 que tomó un color amarillo. Se tituló la muestra con Nitrato de Plata lentamente y agitamos de forma circular hasta que cambie de amarillo a marrón. Se anotó la cantidad con el número de dígitos necesarios y calculamos la concentración de la muestra usando la siguiente fórmula: Número de dígitos leídos en la titulación X dígitos de la (tabla) y es = a mg /L de Cl

- **Hierro total.-** El equipo que se utilizó es el Espectrofotómetro de marca HACH DR/2800 y el método a emplear es el método: 8008 método FerroVer1, además el rango: 0.02–3.00 mg/L Fe y el reactivo es el Hierro FerroVer1. La cantidad de muestra con la que se trabajó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se eligió en la pantalla 265 Hierro FerroVer, luego se llenó una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta marcar el 10 mL con la muestra. Seguidamente se preparó la muestra adicionando el reactivo Hierro FerroVer1 en

polvo y se tapó la cubeta. Luego se agitó la cubeta por rotación. Se dejó reposar por cinco minutos para que haga reacción la muestra. Después del tiempo de espera se procedió a la medición, primero del blanco seleccionando en la pantalla: Cero, en el cual nos debe salir 0.0 mg/L Fe. Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **Dureza total.-** El equipo que se empleó para el análisis es el Titulómetro con sus respectivo método: Titulación EDTA, con un rango de: 10 a 4000 mg/L de CaCO₃. El reactivo que se utilizó es la Almohadillas de ManVer 2. La cantidad de muestra con la que se trabajó es de 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se seleccionó el cartucho que contiene EDTA Titraver. Se insertó el cartucho al titulador digital con cuidado. Giré la perrilla y dejé salir unas gotas de reactivo, se restableció el contador a cero y se limpió la punta. Se usó una probeta graduada para medir la muestra, luego pasamos la muestra a un Erlenmeyer de 250mL. Se agregó en el Erlenmeyer 100ml de agua desionizada para diluir. Se añadió 2mL de Hardness 1 Buffer agite de forma circular. Después se mide la muestra preparada y se procede a la medición.

- **DQO.-** El equipo que se utilizó es el Reactor DRB 200 Espectrofotometría. La metodología que se empleó es la 8000 método de digestión del reactor, además su rango es de HR TNT822, 20–1500 mg/L DQO. El reactivo con la que se trabajó es el Digestion Solution COD. La cantidad de muestra que se utilizó es 50 mL. Este análisis se lo llevó a cabo en el laboratorio de Aguas y Suelos de la UEB, por un período de diez días.

Procedimiento: Se encendió el reactor, se homogenizó la muestra por treinta segundos, se agregó 2 mL de muestra en la solución (viales). Se mezcló la cubeta hasta lograr que se caliente, luego se calentó por el tiempo de dos horas. Se dejó enfriar por veinte minutos o hasta que llegue a una temperatura de 120°C o menos. Invertimos la cubeta mientras se calienta. Luego se dejó enfriar en estantes hasta temperatura ambiente, y, se precedió a la lectura del código de barra.

3. Parámetros de análisis microbiológicos

A continuación se menciona y se describe los análisis microbiológicos básicos de este estudio. Para este parámetro la unidad experimental es de 300 mL que fueron distribuidas para los siguientes análisis.

- **Coliformes Totales.-** Para este análisis se tomó las muestras provenientes de dos puntos tanto del agua que se utiliza para el procesamiento en la planta y de la salida del efluente (principalmente en la hora donde se genera la descarga más alto de contaminación, 12:30 a 13:30). El método que se utilizó para este análisis es por medio de filtración de membrana. La cantidad de muestra con la que se trabajó es de 150 mL, en frasco estériles. Para la preservación y transporte de la muestra se utilizó coolers, con refrigerante Hielo Gel con el fin de reducir posibles contaminaciones de las muestras. Este análisis se lo realizó en los laboratorios del EMAPA-G por un periodo de tres días con tres repeticiones.

- **Coliformes Fecales.-** Para este análisis se tomó las muestras provenientes de dos puntos tanto del agua que se utiliza para el procesamiento en la planta y de la salida del efluente. El método utilizado para este análisis es por medio de filtración de membrana. La cantidad de muestra con la que se trabajó es de 150 mL en frascos estériles. Para la preservación y transporte de la muestra se utilizó coolers con refrigerante Hielo Gel con el fin de reducir posibles contaminaciones de las muestras. Este análisis se lo ejecutó en los laboratorios del EMAPA-G por un periodo de tres días con tres repeticiones.

G. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación del lugar de la investigación

Mediante la ayuda del mapa del cantón de Echeandía, se procedió a la ubicación de la zona de estudio, a través de una visita In situ al recinto Camarón perteneciente al cantón del mismo nombre en horas laborables de la planta, con la finalidad de sostener una charla con el propietario y administrador de la misma que tuvo como finalidad socializar la formulación y ejecución de este proyecto.

H. METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó:

El método de observación: La utilización de este método tiene como objetivo seleccionar los puntos más recomendables para realizar el muestreo y la obtención de datos que sirvan para este proyecto.

El método sintético: Razonamiento por el cual se analizó datos obtenidos y se comparó con lo establecido por las normas ambientales ecuatorianas.

El método hipotético deductivo: Con este método se verificó la hipótesis planteada en el proyecto es decir se comprobó que mediante el diseño del tratamiento de aguas residuales y la simulación del proceso con el programa SúperPro Designer, se provee de una solución a la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales generadas en la planta.

El método experimental: Con este método se controló las variables a través de la medición directa o indirecta para delimitar las relaciones entre ellas, lo cual se llevó a cabo midiendo con dispositivos de lectura instrumental.

MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Modalidad de campo: Se trabajó en la zona ya establecida. Los puntos de muestreo están ubicados en el recinto Camarón, perteneciente al cantón Echeandía, provincia Bolívar, en la empresa de Lácteos Tuquerez, en tres puntos de muestreos que a continuación se describe en la Tabla 11.

Se analizó la calidad del agua que se utiliza en la planta con el fin de determinar su efecto en la contaminación que se genera en la planta, ya que esto puede influir notoriamente si es que esta agua no cuenta con un tratamiento adecuado. A este punto se lo denominó Punto 4, en el cual se realizara análisis físico- químico y microbiológico. Este análisis se realizó por tres días.

Tabla 11. Puntos de muestreo

Puntos	Descripción	Coordenadas
Punto 1	Salida del efluente de la tubería	17 M 0699028 UTM 9844939
Punto 2	Punto de contacto del efluente y el río San Camilo	17 M 9699024 UTM 98449442
Punto 3	Del ríos San Camilo (5 metros recorrido desde el punto de encuentro del efluente y el río)	17 M 0699036 UTM 9844934

Fuente: El autor, 2016.

Modalidad bibliográfica: Se utilizó fuentes bibliográficas existentes en las bibliotecas de la UEB y en la base de datos científicas disponibles en la red, esto permitió conocer, comparar, ampliar y profundizar los conocimientos sobre aspectos como la aplicación del programa y sus efectos en otras empresas además del muestreo, análisis y evaluación de los datos obtenidos.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental: En este estudio se realizó la observación sistemática, manipulación y medición de las muestras de agua de diferentes puntos, para sus respectivos análisis y la verificación o modificación de la hipótesis. El punto uno del muestreo es el que sirvió para la aplicación en el simulador de procesos.

Explicativo: Se llevó notas y registros de todas las tomas de muestras tanto a nivel de campo como de laboratorio para su control y tabulación así como fotografía que evidencien el proceso del trabajo de campo y de laboratorio.

Exploratorio: Se realizó un análisis minucioso de mayor representación tanto físico, químico y microbiológica, de las aguas residuales, establecido por las normas ecuatorianas TULSMA, lo que nos ayudó para la etapa del diseño y simulación del proceso con el fin de disminuir la carga contaminante.

MUESTREO

Se realizó un muestreo compuesto donde se obtuvo de forma manual varias muestras simples (165 ml) que fueron tomadas a diferente tiempo (cada hora) para luego ser homogenizadas logrando obtener una muestra compuesta (1155 ml) y así conseguir una composición promedio del efluente que se genera durante las diversas etapas del proceso en la planta durante el día. La muestra se trasladó al laboratorio de aguas y suelos de la UEB, para la realización de los análisis físicos y químicos. Y las muestras para los análisis microbiológicos se trasladaron a los laboratorios del EMAPA-G.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la presente investigación se procedió a tomar fuentes de información primaria y secundaria. Los datos fueron tomados de propietarios, reglamentos ambientales ecuatorianos, los resultados de análisis de laboratorios, mapas; estos fueron analizados y procesados posteriormente.

PROCESAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente estudio se utilizó las técnicas de análisis de datos que a continuación se detallan:

Escalas de variables: Ordinaria y por intervalo.

La escala ordinaria: Se utilizó para los procedimientos de recolección de muestras hasta sus respectivos análisis; así como también para la aplicación en el diseño y simulación de procesos de la planta de tratamiento.

La escala por intervalo: Se realizó examinando los tres puntos de muestreo ya establecidos por el autor.

Codificación de datos

Se utilizó gráficos lineales para el análisis y discusión pertinente.

TABULACIÓN DE DATOS

Se trabajó con datos numéricos, tanto en cuadros como en gráficos lineal. A los que se le aplicará estadística descriptiva.

PROCEDIMIENTO

Toma de muestras

Las tomas de muestras del presente estudio siguieron el siguiente protocolo para garantizar el manejo adecuado de las muestras.

- Recipientes: Los recipientes que se utilizaron para la toma de muestras fueron botellas de polietileno con capacidad para un galón.
- Identificación de la muestra: Se utilizó etiquetas impresas, fijada con cinta auto adherible transparente. En la misma se registró el código de la muestra, fecha de muestreo, nombre del recolector, detalles del punto de muestreo.
- Preservación de muestras: Se utilizó coolers con refrigerante, evitando la alteración de su naturaleza y características.
- Transporte de muestras: Las muestras fueron protegidas y selladas para evitar que se deteriore o se pierda parte de ellos durante el transporte.

Medición del caudal

El proceso de medición del caudal se realizó mediante el método volumétrico el cual consiste en tomar la muestra en un balde con escalas volumétricas, y se procedió a medir la cantidad de agua que cae durante un tiempo prolongado establecidos por el autor, luego de la medición del volumen se procedió a la medición del caudal mediante la aplicación de la siguiente fórmula $Q = (L/S)$, en donde, Q es el caudal, L es el volumen medido en litros y S es el tiempo medido en segundos.

Diseño del sistema de tratamiento

Se utilizó el simulador SuperPro Designer propiedad de la empresa Intelligen, Inc. con su respectiva licencia. Los pasos para la construcción de un modelo de proceso son generalmente los mismos para todos los softwares de simulación de procesos. El registro de los 17 materiales (componentes puros y/o mezclas) es generalmente el primer paso. Posteriormente se desarrolla el diagrama de flujo con las unidades requeridas para tal proceso y se unen a ellos las corrientes de entradas y salidas de materiales. Se añadió las operaciones a cada unidad de proceso y las condiciones de operación de cada una de ellas, además se especifican los parámetros de rendimiento.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL EFLUENTE

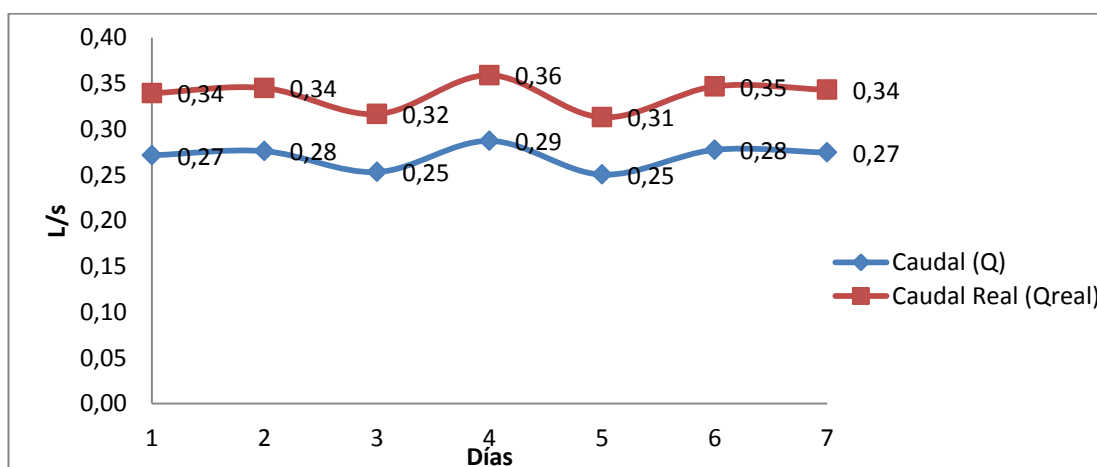
5.1.1. Caudal del efluente

Cuadro 1. Promedio de la medición del caudal de la tubería del efluente

Ítem	Fecha	Caudal (Q) L/s	Caudal Real (QReal) L/s
1	12/03/2016	0,27	0,34
2	13/03/2016	0,28	0,34
3	14/03/2016	0,25	0,32
4	15/03/2016	0,29	0,36
5	16/03/2016	0,25	0,31
6	17/03/2016	0,28	0,35
7	18/03/2016	0,27	0,34
Promedio		0,27	0,34
Caudal por minuto (L/m)		16,20	20,40
Caudal por hora (L/h)		972,00	1224,00
Caudal diario (L/d)		6804,00	8568,00

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 1. Promedio de la medición del caudal de la tubería del efluente



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- Según el Cuadro y Gráfico 1, la tendencia del caudal del efluente que se descarga de la empresa es de 0,27 L/s, esta intensidad puede ir variando dependiendo de las actividades que se realicen diariamente en las diferentes fases de producción y labores realizadas durante la jornada de siete horas diarias laborables. Los valores obtenidos no presentan diferencia, lo que demuestra que el caudal diario fue relativamente uniforme en las fechas en que se realizó la medición.

El consumo diario de agua en la planta es de 6804,00 L/día; relacionando con el estudio de Gaibor, (2012); el consumo de agua por litro de leche es de 5 – 10 litros, por lo que el valor del caudal antes mencionado guarda estrecha relación con lo expuesto por el autor. Además, se sobrevaloró el caudal con un 25% de probabilidad del error según expresa García, (2004); lo cual nos arroja como resultado promedio 0.34 L/s.

5.2. ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

A continuación se detalla los datos obtenidos en el laboratorio:

5.2.1. Análisis físicos

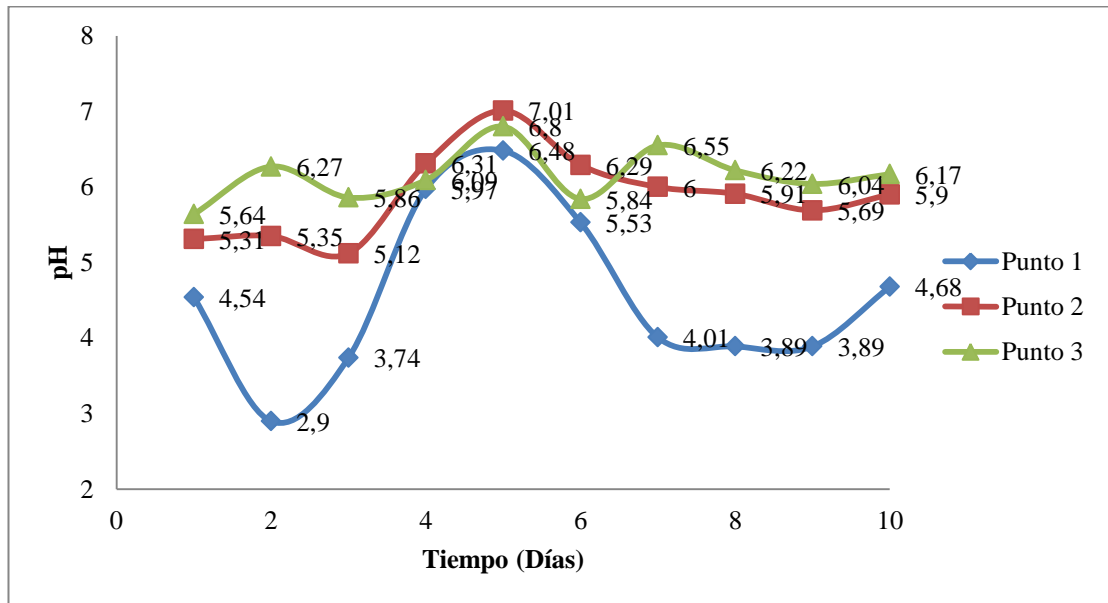
5.2.1.1. pH

Cuadro 2. Variación de pH en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (pH)	Valor Punto 2 (pH)	Valor Punto 3 (pH)
1	4,54	5,31	5,64
2	2,90	5,35	6,27
3	3,74	5,12	5,86
4	5,97	6,31	6,09
5	6,48	7,01	6,80
6	5,53	6,29	5,84
7	4,01	6,00	6,55
8	3,89	5,91	6,22
9	3,89	5,69	6,04
10	4,68	5,90	6,17
Promedio	4,56	5,89	6,15

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 2. Variación de pH en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales 2016

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 2, el promedio del pH en el punto 1 es de 4,56; en el punto 2: 5,89; y en el punto 3: 6,15. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 6,48; 7,01 y 6,8; y los valores inferiores del punto 1, 2 y 3 son de: 2,9; 5,12 y 5,64; respectivamente. Estos resultados demuestran la variación de pH que se manifiesta en la empresa en forma diaria.

De acuerdo a la norma TULSMA, (2014); el rango normal de pH es de 6 a 8; comparando con el promedio del punto 1 (4,56) del presente estudio el efluente presenta acidez. Según Hernández; Vásconez, (2014); los valores de pH obtenidos del análisis de aguas residuales en industrias lácteas tienen un promedio de 4,07; por lo tanto podemos apreciar que existe relación con los datos obtenidos.

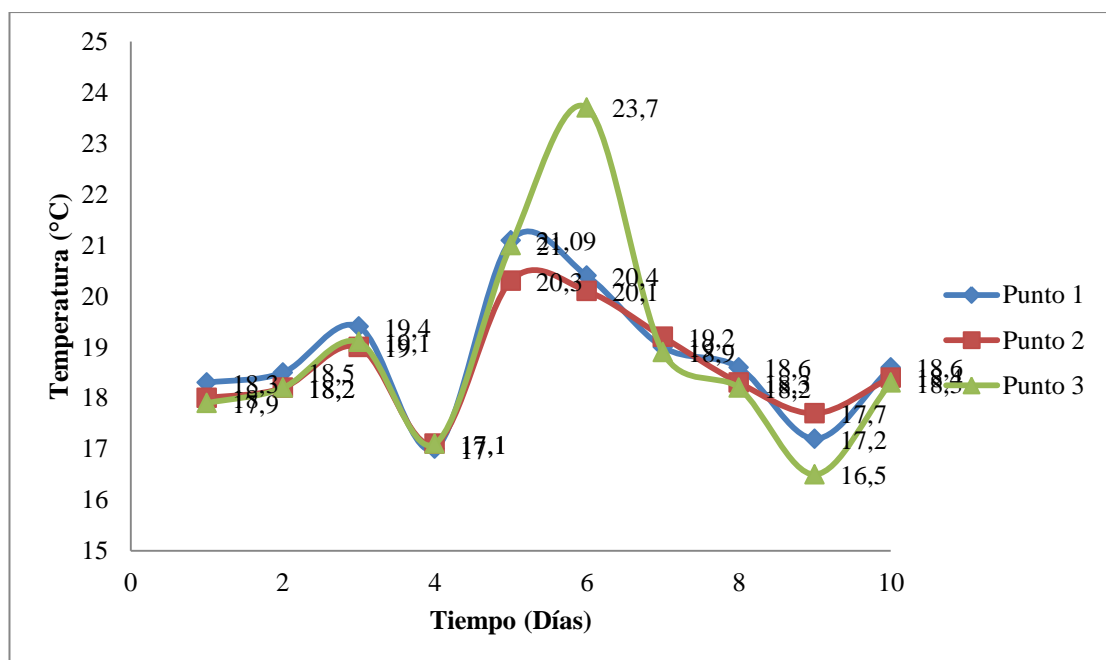
5.2.1.2. Temperatura

Cuadro 3. Variación de temperatura en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (°C)	Valor Punto 2 (°C)	Valor Punto 3 (°C)
1	18,30	18,00	17,90
2	18,50	18,20	18,20
3	19,40	19,00	19,10
4	17,00	17,10	17,10
5	21,09	20,30	21,00
6	20,40	20,10	23,70
7	19,00	19,20	18,90
8	18,60	18,30	18,20
9	17,20	17,70	16,50
10	18,60	18,40	18,30
Promedio	18,81	18,63	18,89

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 3. Variación de la temperatura en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 3, el promedio de temperatura en el punto 1 es de 18,81 °C; punto 2: 18,63 °C; y punto 3: 18,89 °C. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 21,09 °C; 20,30 °C y 23,70 °C;

y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 17,00 °C; 17,10 °C y 16,50 °C; respectivamente. Estos resultados indican la variación de la temperatura que se manifiesta en los diferentes efluentes.

De acuerdo a la norma TULSMA, (2014); el rango normal de temperatura es máximo de 35 °C que comparando con el promedio del punto 1 (18,81 °C) del presente estudio no presenta ninguna alteración. Relacionamos los resultados obtenidos del muestreo con lo expuesto por Buenaño, (2015);según el cual la temperatura promedio de las aguas residuales provenientes de una empresa de lácteos es de 16,4 °C, por lo tanto tiene concordancia con la temperatura de las aguas residuales de la empresa analizada.

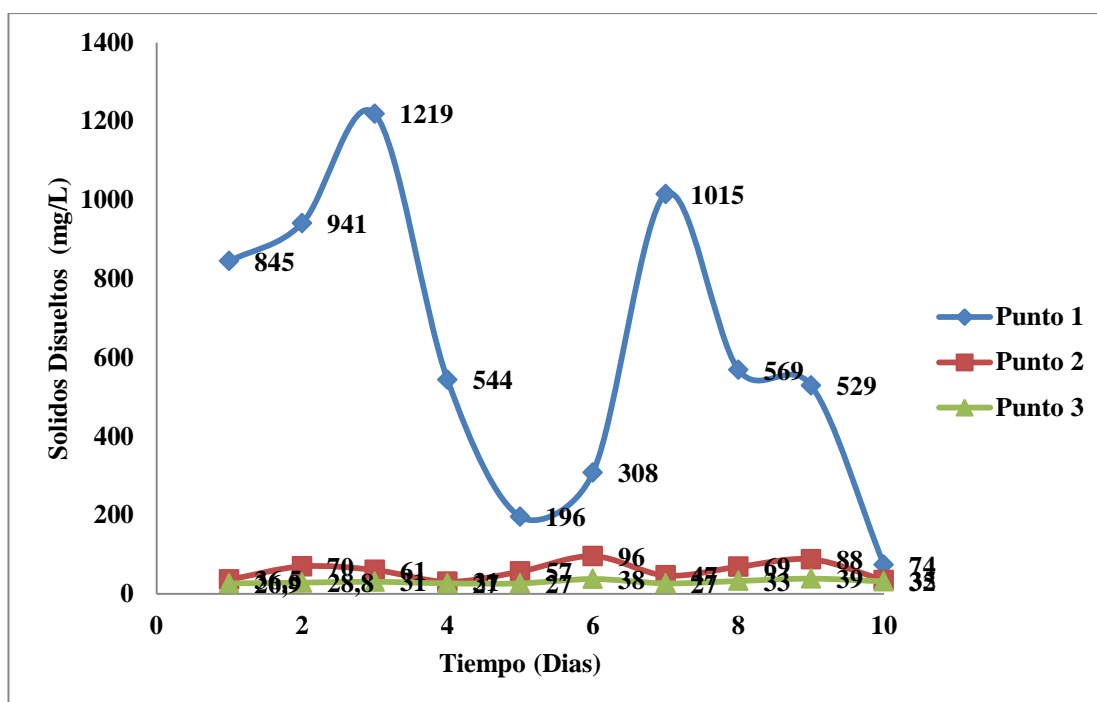
5.2.1.3. Sólidos disueltos totales

Cuadro 4. Variación de TDS en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	845,00	36,50	26,90
2	941,00	70,00	28,80
3	1219,00	61,00	31,00
4	544,00	31,00	27,00
5	196,00	57,00	27,00
6	308,00	96,00	38,00
7	1015,00	47,00	27,00
8	569,00	69,00	33,00
9	529,00	88,00	39,00
10	74,00	35,00	32,00
Promedio	624,00	59,05	30,97

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 4. Variación de TDS en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 4, el promedio de sólidos totales disueltos en el punto 1 es de: 624,00 mg/L; punto 2: 59,05 mg/L; y punto 3: 30,97 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 1219,00 mg/L; 96,00 mg/L y 39,00 mg/L; y los valores inferiores del punto 1, 2 y 3 son de: 74,00 mg/L; 31,00 mg/L y 26,90 mg/L respectivamente. Estos datos indican la variación de sólidos totales disueltos que se manifiesta en los diferentes puntos.

Tomando como referencia el valor promedio del punto 1 (624,00 mg/L) para compararlo con lo que establece la norma TULSMA, (2014); el rango establecido es de 130 mg/L; por lo tanto el valor antes mencionado indica que está fuera de los límites permitidos posiblemente por la presencia de minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el efluente. Según Hernández y Vásquez, (2014); la presencia de TDS puede alcanzar un 90% fuera del rango tolerado debido a la alta presencia de elementos suspendidos presentes en industrias lácteas.

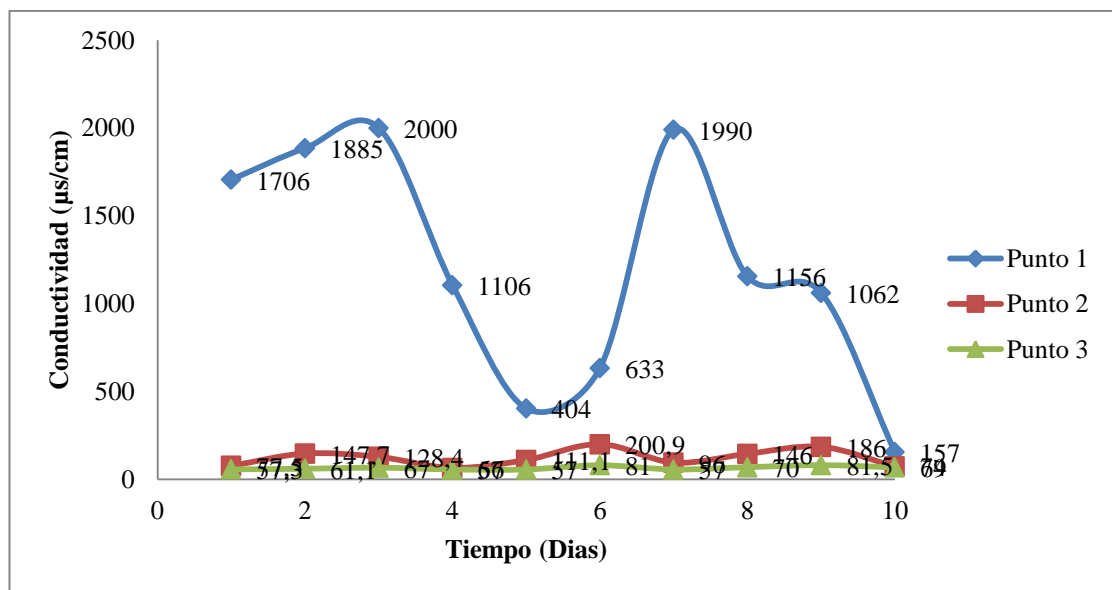
5.2.1.4. Conductividad

Cuadro 5. Variación de la conductividad en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Valor Punto 2 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Valor Punto 3 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
1	1706,00	77,50	57,30
2	1885,00	147,70	61,10
3	2000,00	128,40	67,00
4	1106,00	66,00	57,00
5	404,00	111,10	57,00
6	633,00	200,90	81,00
7	1990,00	96,00	57,00
8	1156,00	146,00	70,00
9	1062,00	186,00	81,50
10	157,00	74,00	69,00
Promedio	1209,90	123,36	65,79

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 5. Variación de la conductividad en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 5, el promedio de conductividad en el punto 1 es de: 1209,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$; punto 2: 123,36 $\mu\text{s}/\text{cm}$; y punto 3: 65,79 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 2000,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$; 200,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 81,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 157,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$; 66,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 57,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$, respectivamente. Estos valores

indican la variación de la conductividad que se manifiesta en los diferentes puntos.

En las normas TULSMA, (2014); el rango normal de la conductividad es de 1000,00 $\mu\text{s/cm}$; en relación con el promedio del punto 1 (1209,00 $\mu\text{s/cm}$) deducimos que está fuera del rango permitido puesto que tiene una carga muy elevada de conductividad eléctrica. Según el estudio realizado por Saenz, (2013); la conductividad presente en aguas residuales de la industria láctea es de 971,75 $\mu\text{s/cm}$ por lo que relacionado con el presente estudio podemos determinar que el efluente de la empresa presenta un rango elevado y está sobre los niveles estándares.

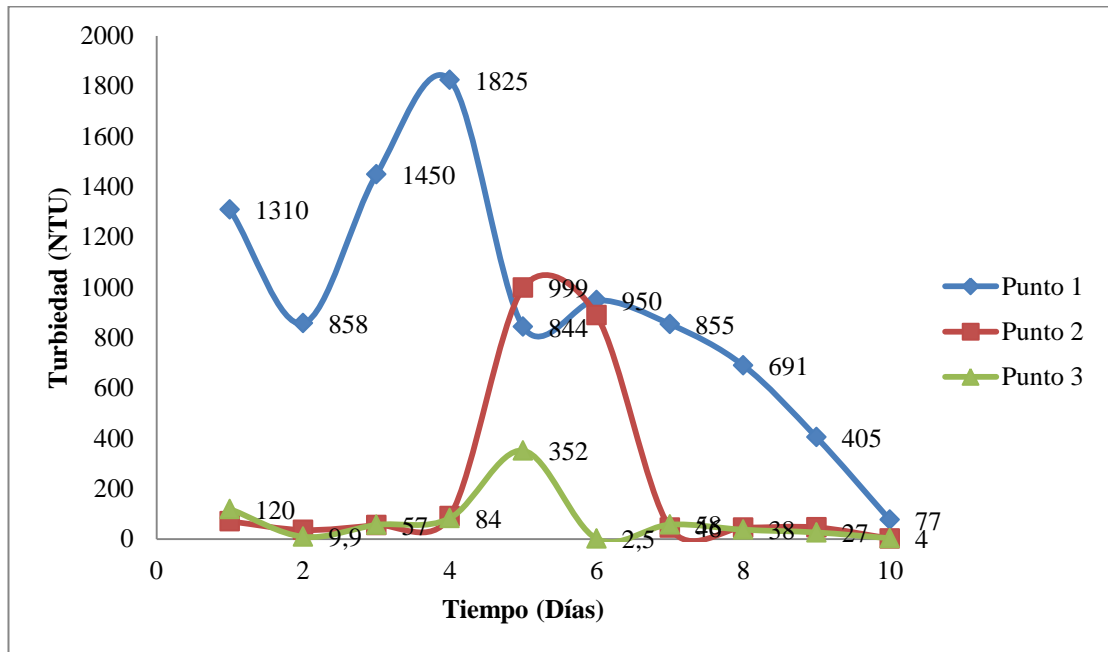
5.2.1.5. Turbiedad

Cuadro 6. Variación de la turbiedad en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (NTU)	Valor Punto 2 (NTU)	Valor Punto 3 (NTU)
1	1310,00	71,20	120,00
2	858,00	36,70	9,90
3	1450,00	56,40	57,00
4	1825,00	91,00	84,00
5	844,00	999,00	352,00
6	950,00	890,00	2,50
7	855,00	46,00	58,00
8	691,00	46,00	38,00
9	405,00	47,00	27,00
10	77,00	3,00	4,00
Promedio	926,50	228,63	75,24

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 6. Variación de la turbiedad en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- Según el Cuadro y Gráfico 6, el promedio de turbiedad en el punto 1 es de: 926,50 NTU; punto 2: 228,63 NTU; y punto 3: 75,24 NTU. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 1310,00 NTU; 999,00 NTU y 352,00 NTU; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 77,00 NTU; 3,00 NTU y 4,00 NTU, respectivamente. Estos valores indican la variación de turbiedad que se manifiesta en los diferentes puntos.

Comparando el promedio del punto 1 de la turbiedad: 926,50 NTU con lo establecido por la Norma TULSMA. (2014); que es 100 NTU se puede observar que se encuentra fuera del rango puesto que hay presencia elevada de desperdicios de leche, suero y queso que al contacto con el agua genera una elevada carga orgánica. El estudio realizado por Saenz, (2013); refiere que la turbiedad presente en industrias lácteas no superan el 3,10 NTU, relacionando con el presente estudio los datos obtenido están excesivamente elevados.

5.2.2. Análisis químicos

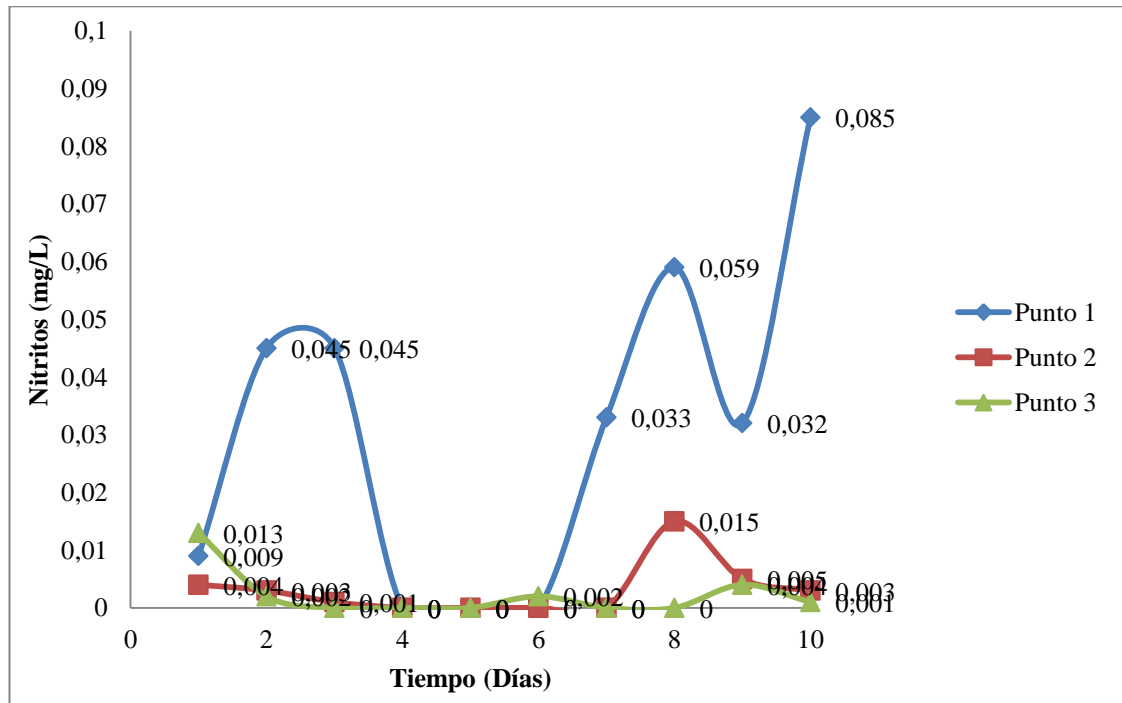
5.2.2.1. Nitritos

Cuadro 7. Variación de nitritos en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,01	0,00	0,01
2	0,05	0,00	0,00
3	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
7	0,03	0,00	0,00
8	0,06	0,02	0,00
9	0,03	0,01	0,00
10	0,09	0,00	0,00
Promedio	0,03	0,00	0,00

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 7. Variación de nitritos en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 7, el promedio de nitritos en el punto 1 es de: 0,03 mg/L; punto 2: 0,00 mg/L; y punto 3: 0,00 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 0,09 mg/L; 0,02 mg/L y 0,01 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de nitritos que se manifiesta en los diferentes puntos.

Según las norma TULSMA. (2014); el rango normal de nitritos es de 1,00 mg/L; comparado con el promedio del punto 1 (0,03 mg/L) del presente estudio no hay presencia de este elemento. Según el análisis realizado por Zamora, (2011); la presencia de nitritos en efluentes de empresas lácteas es de 1 mg/L dato que comparado con nuestro análisis este elemento presenta valores permisibles.

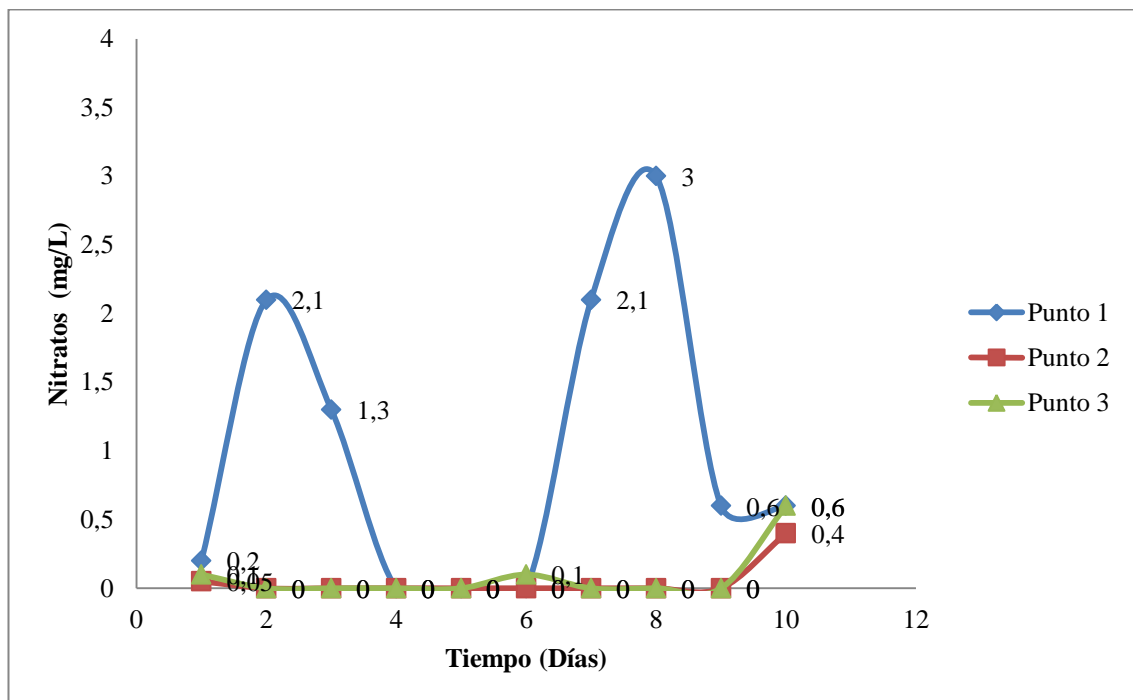
5.2.2.2. Nitratos

Cuadro 8. Variación de nitratos en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,20	0,05	0,10
2	2,10	0,00	0,00
3	1,30	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,10
7	2,10	0,00	0,00
8	3,00	0,00	0,00
9	0,60	0,00	0,00
10	0,60	0,40	0,60
Promedio	0,99	0,05	0,08

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 8. Variación de nitratos en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 8, el promedio de nitratos en el punto 1 es de: 0,99 mg/L; punto 2: 0,05 mg/L; y punto 3: 0,08 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 3,00 mg/L; 0,40 mg/L y 0,60 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de nitratos que se manifiesta en los diferentes puntos.

Según la norma TULSMA, (2014); el rango normal de nitritos es de 10,00 mg/L y el promedio del punto 1 es de 0,99 mg/L; realizando un análisis comparativo, el valor antes mencionado está dentro del rango permitido puesto que no altera la carga moderada del efluente. Examinando los datos del estudio realizado por Llanos, (2013); encontramos que existe una diferencia extrema (104,00 mg/L) que puede deberse a la poca presencia de nitrógeno en el efluente de nuestro estudio.

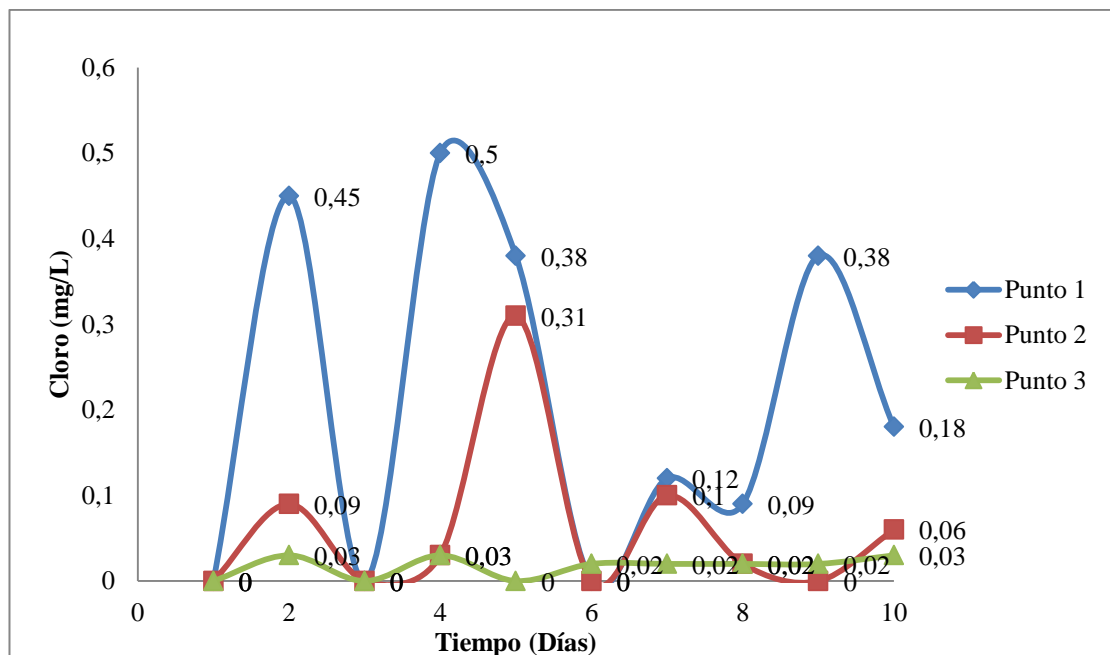
5.2.2.3. Nitrógeno amoniacal

Cuadro 9. Variación de nitrógeno amoniacal en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	5,00	0,02	0,02
2	5,60	0,08	0,01
3	31,00	0,04	0,06
4	7,50	0,09	0,06
5	1,90	7,90	2,80
6	3,60	1,47	0,01
7	5,40	0,95	0,20
8	2,50	0,13	0,50
9	2,10	0,19	0,04
10	0,18	0,09	0,39
Promedio	6,48	1,10	0,41

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 9. Variación de nitrógeno amoniacal en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 9, el promedio de nitrógeno amoniacal en el punto 1 es de: 6,48 mg/L; punto 2: 1,10 mg/L; y punto 3: 0,41 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son de: 31,00 mg/L; 7,90 mg/L

y 2,80 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de: 0,18 mg/L; 0,02 mg/L y 0,01 mg/L respectivamente.

Comparando con las normas TULSMA, (2014); el rango de nitrógeno amoniacal es de 30,00 mg/L y el promedio del punto 1 es de 6,48 mg/L lo que representa la poca carga de este elemento en el efluente. De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio realizado por Gaibor, (2012); la presencia de nitrógeno amoniacal representa un valor de 38 mg/L lo que refleja que la empresa de lácteos Tuquerez tiene una débil degradación de la materia orgánica en sus efluentes.

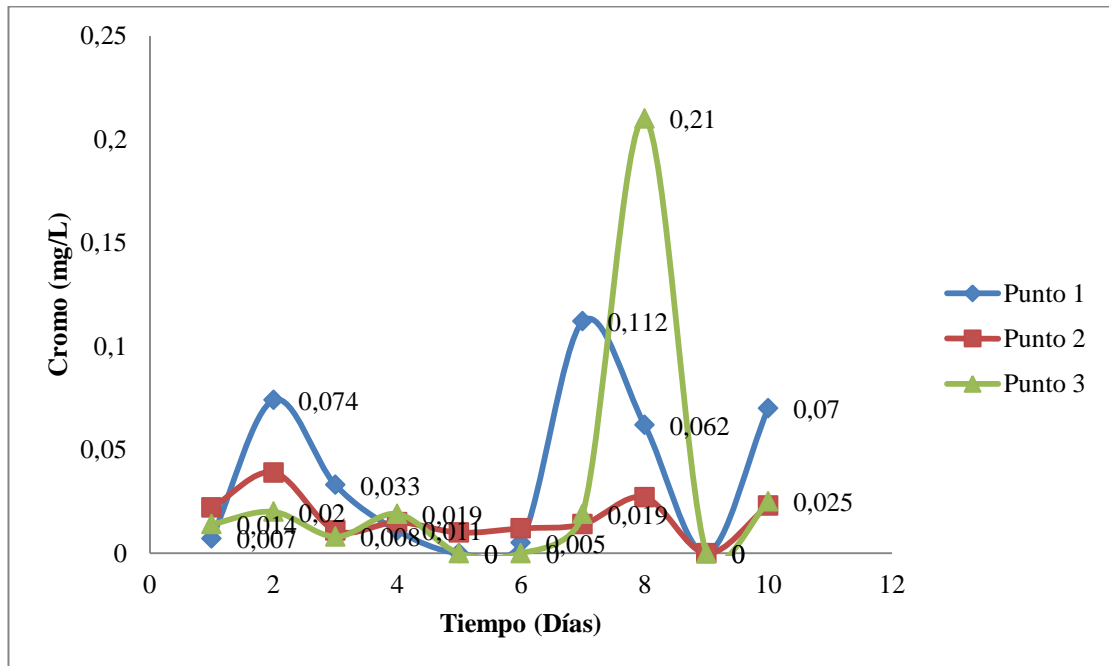
5.2.2.4. Cromo hexavalente

Cuadro 10. Variación de cromo en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,01	0,02	0,01
2	0,07	0,04	0,02
3	0,03	0,01	0,01
4	0,01	0,02	0,02
5	0,00	0,01	0,00
6	0,01	0,01	0,00
7	0,11	0,01	0,02
8	0,06	0,03	0,21
9	0,00	0,00	0,00
10	0,07	0,02	0,03
Promedio	0,04	0,02	0,03

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 10. Variación de cromo en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 10, el promedio de cromo en el punto 1 es de: 0,04 mg/L; punto 2: 0,02 mg/L; y punto 3: 0,03 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 0,11 mg/L; 0,04 mg/L y 0,21 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son de 0,0 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de cromo que se manifiesta en los diferentes puntos.

El promedio del punto 1: 0,04 mg/L, comparado con las normas ambientales TULSMA. (2014); cuyo valor permisible es de 0,50 mg/L, se encuentra dentro del rango permitido y su presencia no provoca alteraciones ya que es moderada en las descargas; comparando con estudios realizados por Duarte; Olivero y Jaramillo, (2009); quienes asignan un valor de 52,00 mg/L para este elemento, es un valor excesivamente elevado por la alta presencia de químicos que puede deberse al tamaño de la empresa y su capacidad de producción.

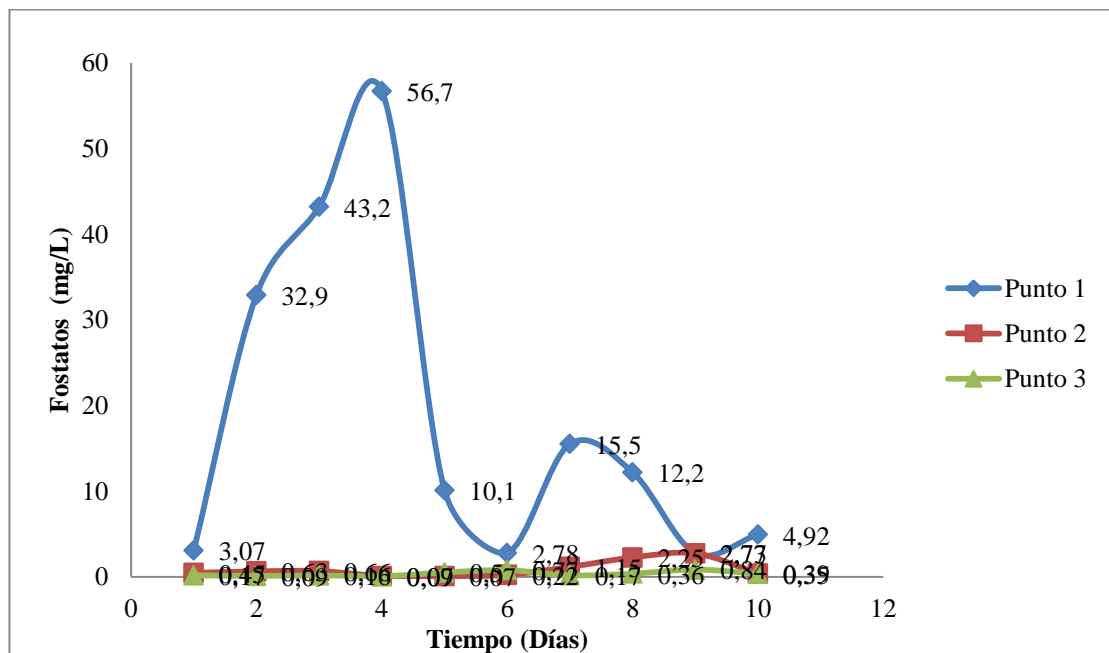
5.2.2.5. Fosfatos

Cuadro 11. Variación de fosfatos en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	3,07	0,45	0,17
2	32,90	0,63	0,09
3	43,20	0,66	0,16
4	56,70	0,09	0,07
5	10,10	0,07	0,50
6	2,78	0,22	0,77
7	15,50	1,15	0,17
8	12,20	2,25	0,36
9	2,77	2,73	0,84
10	4,92	0,39	0,35
Promedio	18,41	0,86	0,35

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 11. Variación de fosfatos en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 11, el promedio de fosfatos en el punto 1 es de: 18,41 mg/L; punto 2: 0,86 mg/L; y punto 3: 0,35 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 56,70 mg/L; 2,73 mg/L y 0,84

mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son: 2,77 mg/L; 0,07 mg/L y 0,07 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de fosfatos que se manifiesta en los diferentes puntos.

De acuerdo a las Normas Internacionales de la Unión Europea (EU) el límite permitido es de 2mg/L, comparado con el punto 1: 18,41 mg/L está fuera del rango permitido, su presencia en la descarga puede ocasionar un crecimiento de algas indeseables en las riberas del río San Camilo. El análisis de fosfatos es un análisis secundario puesto que se trata de uno de los componentes principales de los detergentes, según Zamora, (2011); el valor obtenido en su estudio fue de 0,12 mg/L por lo que aplicó un tratamiento para reducir este elemento debido al consumo considerable de detergentes y desinfectantes.

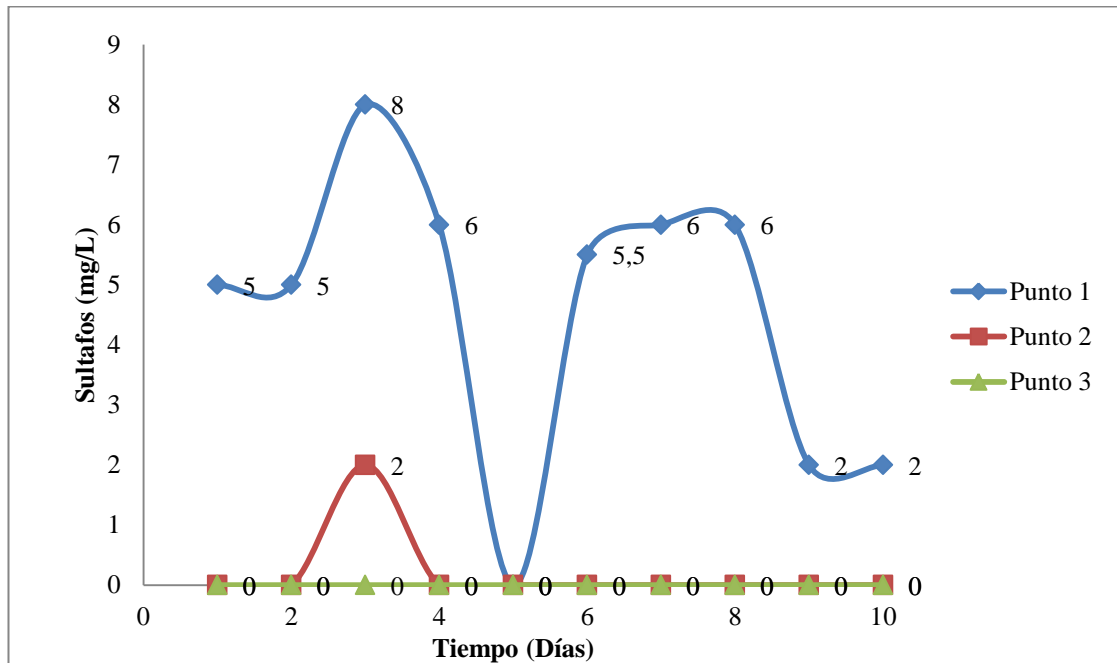
5.2.2.6. Sulfatos

Cuadro 12. Variación de sulfatos en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	5,00	0,00	0,00
2	5,00	0,00	0,00
3	8,00	2,00	0,00
4	6,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	5,50	0,00	0,00
7	6,00	0,00	0,00
8	6,00	0,00	0,00
9	2,00	0,00	0,00
10	2,00	0,00	0,00
Promedio	4,55	0,20	0,00

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 12. Variación de sulfatos en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 12, el promedio de sulfatos en el punto 1 es de: 4,55 mg/L; punto 2: 0,20 mg/L; y punto 3: 0,00 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 8,00 mg/L; 2,00 mg/L y 0,00 mg/L; y los valores inferiores del punto 1, 2 y 3 son: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de sulfatos que se manifiesta en los diferentes puntos.

El resultado promedio del punto 1: 4,55 mg/L comparado con los parámetros que establece la norma TULSMA, (2014); que es de 250,00 mg/L se demuestra que está dentro del rango permitido y por lo tanto no altera la carga puesto que su presencia es moderada en la descarga. Si consideramos el estudio realizado por Chamorro, (2014); cuyo promedio de sulfato es 10 mg/L, la presencia de este componente en este estudio es prácticamente imperceptible debido a su alta solubilidad en el agua.

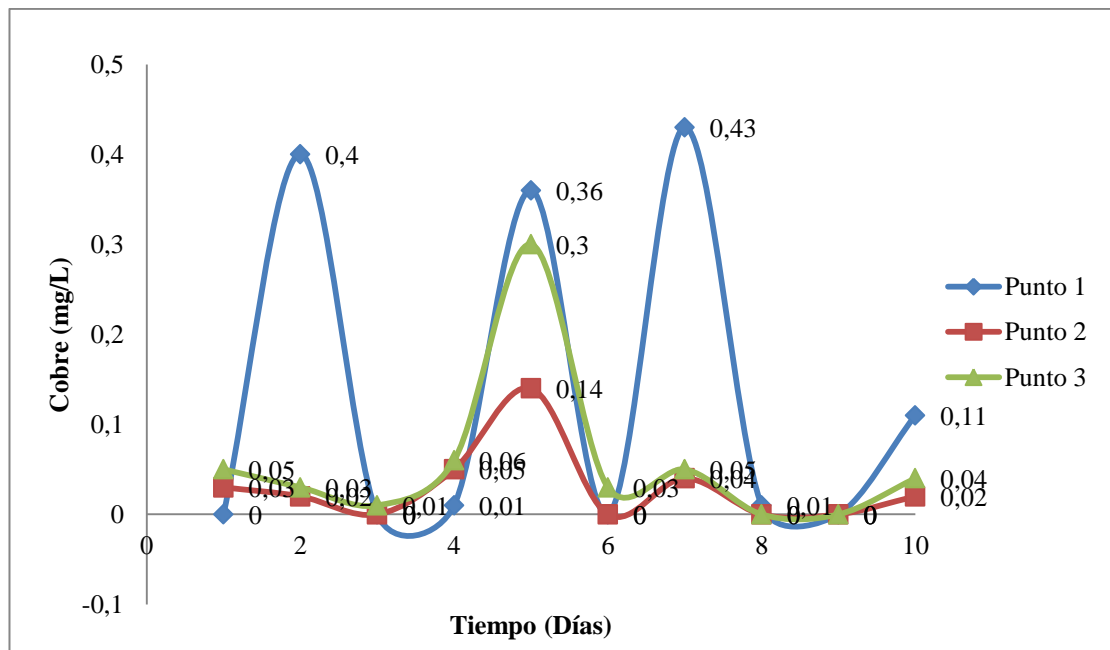
5.2.2.7. Cobre

Cuadro 13. Variación de cobre en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,00	0,03	0,05
2	0,40	0,02	0,03
3	0,00	0,00	0,01
4	0,01	0,05	0,06
5	0,36	0,14	0,30
6	0,00	0,00	0,03
7	0,43	0,04	0,05
8	0,01	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00
10	0,11	0,02	0,04
Promedio	0,13	0,03	0,06

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 13. Variación de cobre en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- En el Cuadro y Gráfico 13, el promedio de cobre en el punto 1 es de: 0,13 mg/L; punto 2: 0,03 mg/L; y punto 3: 0,06 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 0,43 mg/L; 0,14 mg/L y 0,30 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00

mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de cobre que se manifiesta en los diferentes puntos.

Según las normas TULSMA, (2014); el límite permitido es de 1,00 mg/L, comparado con el promedio del punto 1: 0,13 mg/L podemos deducir que el valor mencionado está dentro del rango permitido y no produce alteración alguna. Relacionando con el estudio realizado en industrias lácteas por parte de Buenaño, (2015); se puede observar que la presencia de cobre en estas aguas residuales (0,03 mg/L) se encuentran dentro del límite permitido.

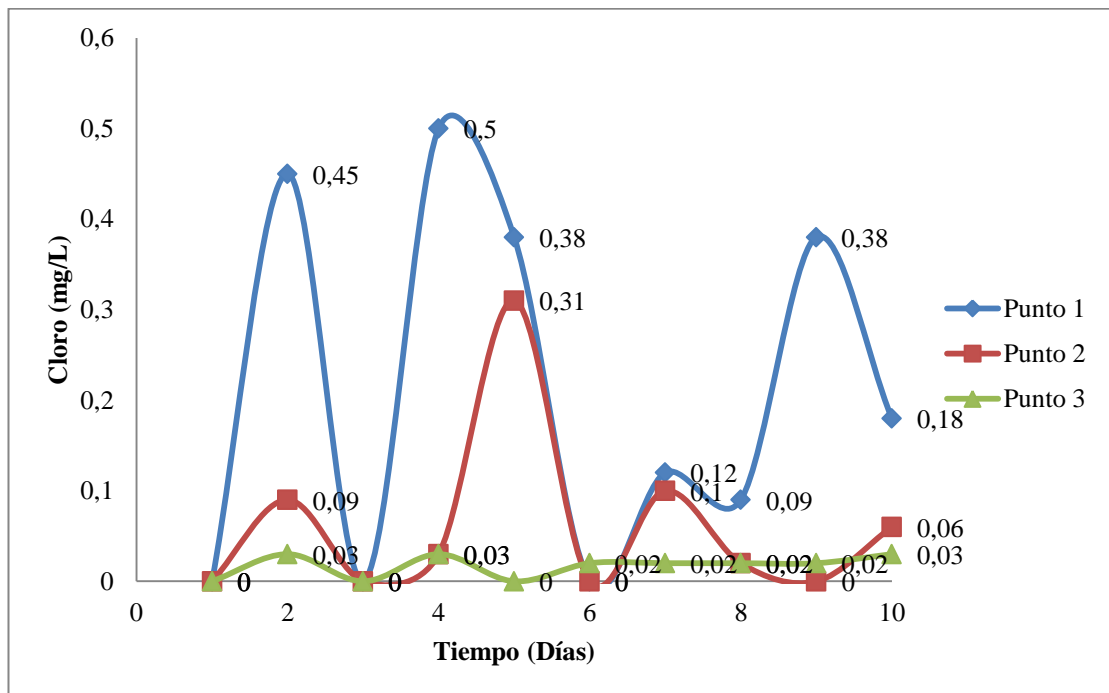
5.2.2.8. Cloro

Cuadro 14. Variación de cloro en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,45	0,09	0,03
3	0,00	0,00	0,00
4	0,50	0,03	0,03
5	0,38	0,31	0,00
6	0,00	0,00	0,02
7	0,12	0,10	0,02
8	0,09	0,02	0,02
9	0,38	0,00	0,02
10	0,18	0,06	0,03
Promedio	0,21	0,06	0,02

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 14. Variación de cloro en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 14, el promedio de cloro en el punto 1 es de: 0,21 mg/L; punto 2: 0,06 mg/L; y punto 3: 0,02 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 0,50 mg/L; 0,31 mg/L y 0,03 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de cloro que se manifiesta en los diferentes puntos.

El promedio obtenido del punto 1: 0,21mg/L comparado con las normas TULSMA, (2014); según la cual el rango normal de cloro es de 0,50 mg/L, nos confirma que está dentro del rango permitido por lo tanto no representa un problema para el medio ambiente. Según el Organismo Panamericano de la Salud (OPM). (2004); la presencia de cloro: 0,20 mg/L es un factor preponderante para la eliminación de bacterias siempre y cuando este en contacto directo con el organismo. Además actúa cuando el pH es inferior a 6,8 pH.

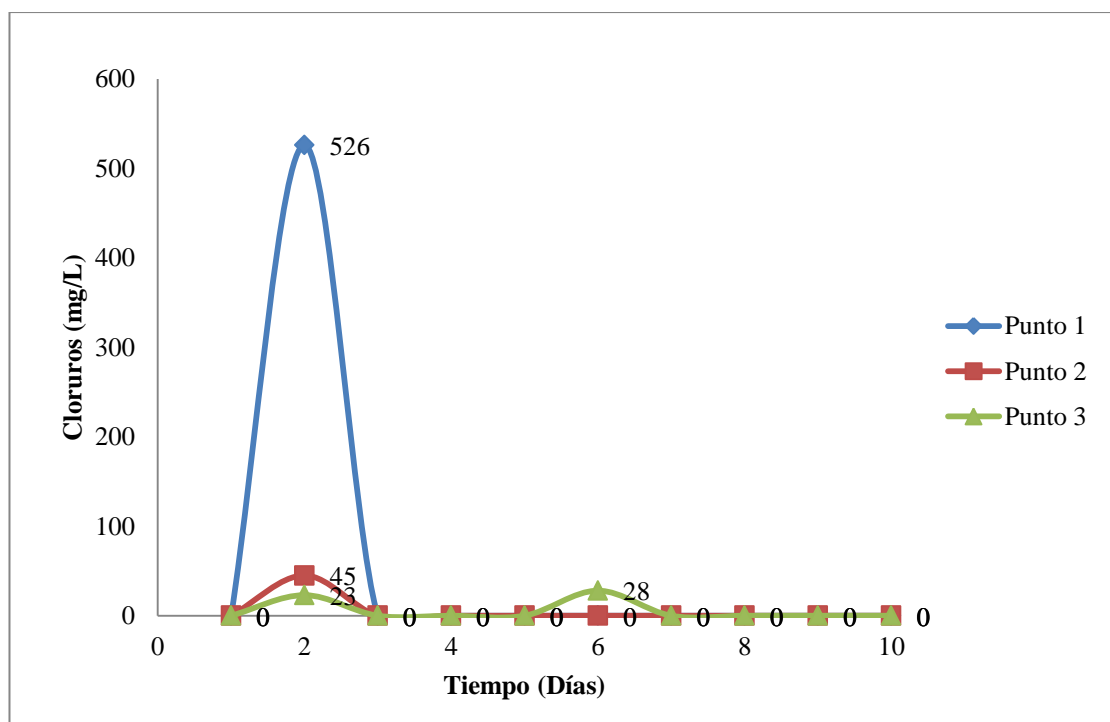
5.2.2.9. Cloruro

Cuadro 15. Variación de cloruros en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,00	0,00	0,00
2	526,00	45,00	23,00
3	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	28,00
7	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00
Promedio	52,60	4,50	5,10

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 15. Variación de cloruros en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 15, el promedio de cloruro en el punto 1 es de: 52,60 mg/L; punto 2: 4,50 mg/L; y punto 3: 5,10 mg/L. Los valores

superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 526,00 mg/L; 45,00 mg/L y 28,00 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 son: 0,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de cloruro que se manifiesta en los diferentes puntos.

Del dato promedio obtenido en el punto 1: 52,60 mg/L, comparado con las normas ambientales TULSMA, (2014); según la cual el rango normal de cloruros es de 1000,00 mg/L, se deduce que no existe presencia de este componente fuera de los límites permitidos. El estudio realizado por Llanos, (2013); determina que el promedio de este elemento es 101,00 mg/L y el presente análisis arroja un resultado de 52,60 mg/L, muestra una diferencia considerable pero no fuera del límite permitido, esto se puede deber a la influencia del proceso de salado del queso.

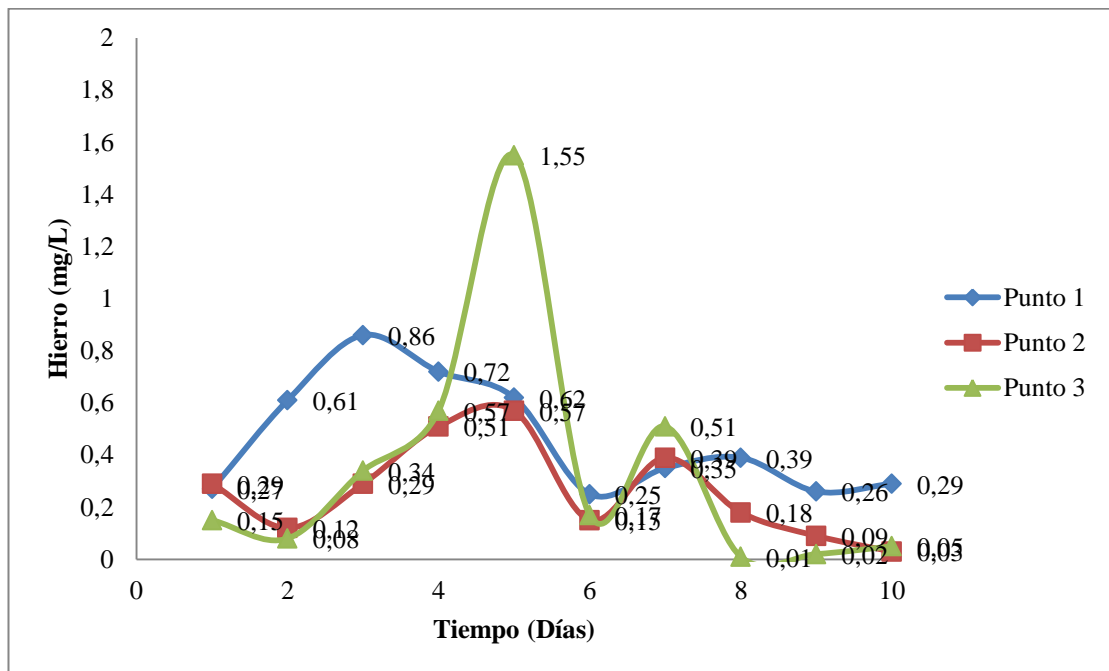
5.2.2.10. Hierro

Cuadro 16. Variación de hierro en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	0,27	0,29	0,15
2	0,61	0,12	0,08
3	0,86	0,29	0,34
4	0,72	0,51	0,57
5	0,62	0,57	1,55
6	0,25	0,15	0,17
7	0,35	0,39	0,51
8	0,39	0,18	0,01
9	0,26	0,09	0,02
10	0,29	0,03	0,05
Promedio	0,46	0,26	0,35

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 16. Variación de hierro en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 16, el promedio de hierro en el punto 1 es de: 0,46 mg/L; punto 2: 0,26 mg/L; y punto 3: 0,35 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 0,86 mg/L; 0,57 mg/L y 1,55 mg/L; y los valores inferiores del punto 1, 2 y 3 fueron: 0,26 mg/L; 0,03 mg/L y 0,01 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de hierro que se manifiesta en los diferentes puntos.

Comparando con las normas TULSMA, (2014); según la cual el rango normal de hierro es de 10,00 mg/L, el promedio del punto 1: 0,46 mg/L constituye un valor que están dentro del límite permitido y no representa un problema para el medio ambiente. La presencia de este mineral no hace evidente ninguna alteración de las características organolépticas de las muestras, además, su incremento en el punto tres se debe a la considerable cantidad de minerales que contiene el suelo de la zona alta del Recinto Camarón, por lo que este mineral es parte de la composición química del agua del río San Camilo. Además comparando con estudios de Zamora, (2011); presenta un rango igualmente que no altera al medio ambiente 0,17 mg/L.

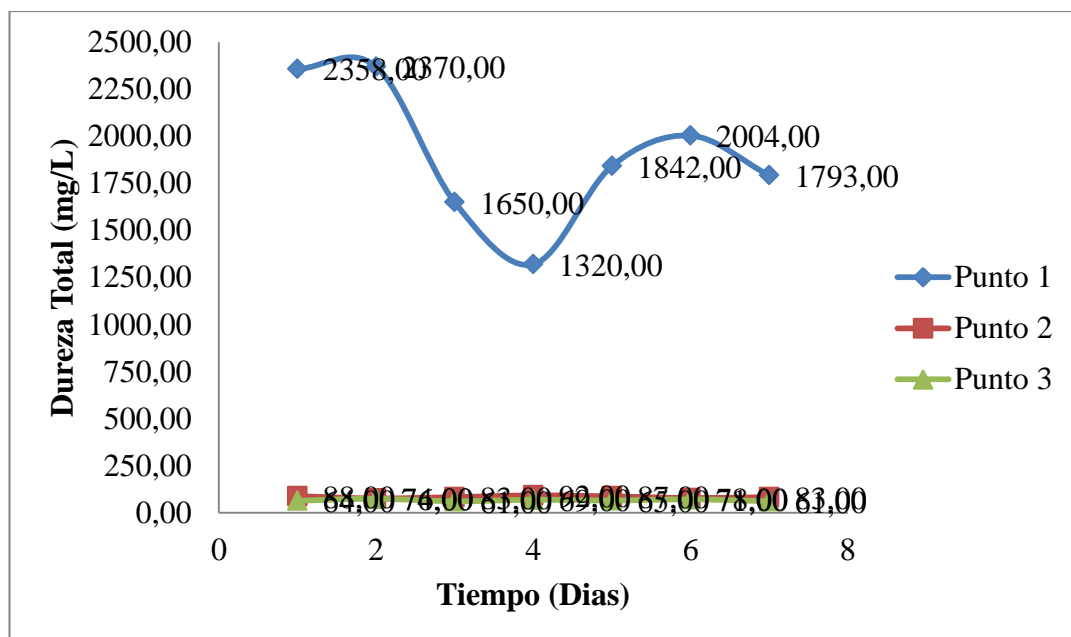
5.2.2.11. Dureza Total

Cuadro 17. Variación de dureza total en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	2358,00	88,00	64,00
2	2370,00	76,00	74,00
3	1650,00	83,00	61,00
4	1320,00	92,00	69,00
5	1842,00	87,00	65,00
6	2004,00	78,00	71,00
7	1793,00	83,00	61,00
Promedio	1905,29	83,86	66,43

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 17. Variación de dureza total en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación: De acuerdo al Cuadro y Gráfico 17, el promedio de dureza total en el punto 1 es de: 1905,29 mg/L; punto 2: 83,86 mg/L; y punto 3: 66,43 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 2370,00 mg/L; 92,00 mg/L y 74,00 mg/L; y los valores inferiores del punto 1,2 y 3 fueron: 1320,00 mg/L; 76,00 mg/L y 61,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de dureza total que se manifiesta en los diferentes puntos.

De acuerdo a la norma TULSMA, (2014); el rango normal de dureza total es de 500,00 mg/L, el valor antes mencionado comparado con el promedio del punto 1:1905,29 mg/L indica que está fuera del rango permitido por lo tanto representa un problema para el medio ambiente. Según Muñoz, (2008); la presencia de altos rangos de dureza total: 120 mg/L se debe directamente a la concentración de sales metales que se encuentran en efluente.

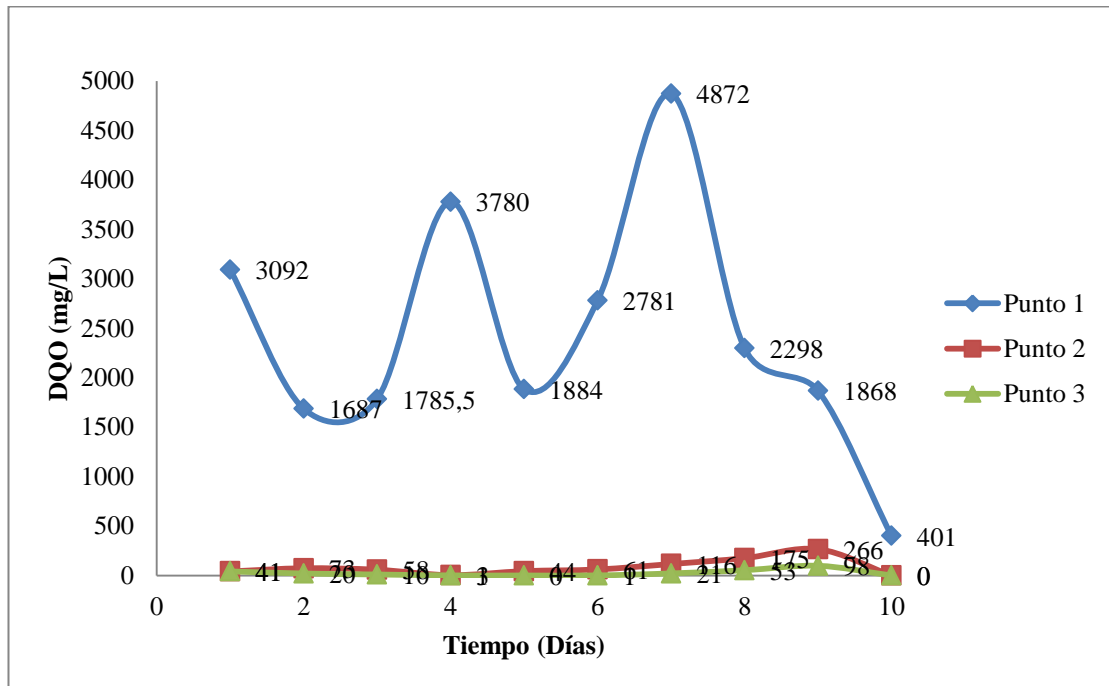
5.2.2.12. Demanda Química de Oxígeno

Cuadro 18. Variación de DQO en los puntos de descarga

Días	Valor Punto 1 (mg/L)	Valor Punto 2 (mg/L)	Valor Punto 3 (mg/L)
1	3092,00	41,00	41,00
2	1687,00	73,00	20,00
3	1785,50	58,00	10,00
4	3780,00	3,00	1,00
5	1g884,00	44,00	0,00
6	2781,00	61,00	1,00
7	4872,00	116,00	21,00
8	2298,00	175,00	53,00
9	1868,00	266,00	98,00
10	401,00	0,00	0,00
Promedio	2444,85	83,70	24,50

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 18. Variación de DQO en los puntos de descarga



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- De acuerdo al Cuadro y Gráfico 18, el promedio de demanda química de oxígeno (DQO) en el punto 1 es de: 2444,85 mg/L; punto 2: 83,70 mg/L; y punto 3: 24,50 mg/L. Los valores superiores alcanzados en el punto 1, 2 y 3 son: 4872,00 mg/L; 266,00 mg/L y 0,00 mg/L; y los valores inferiores del punto 1, 2 y 3 son: 401,00 mg/L; 0,00 mg/L y 0,00 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la variación de DQO que se manifiesta en los diferentes puntos.

De acuerdo a la norma TULSMA, (2014); el rango normal de la demanda química de oxígeno (DQO) es de 200,00 mg/L; por lo tanto el promedio del punto 1: 2444,85 mg/L nos revela que está fuera del rango permitido y representa un problema para el medio ambiente ya que es un factor muy importante para la oxidación de la materia orgánica biodegradable y no biodegradable que contienen los efluentes. Suba, (2013); manifiesta en su estudio que la alta presencia de DQO en aguas residuales lácteas contiene una alta carga orgánica e inorgánica.

5.2.3. Análisis microbiológicos

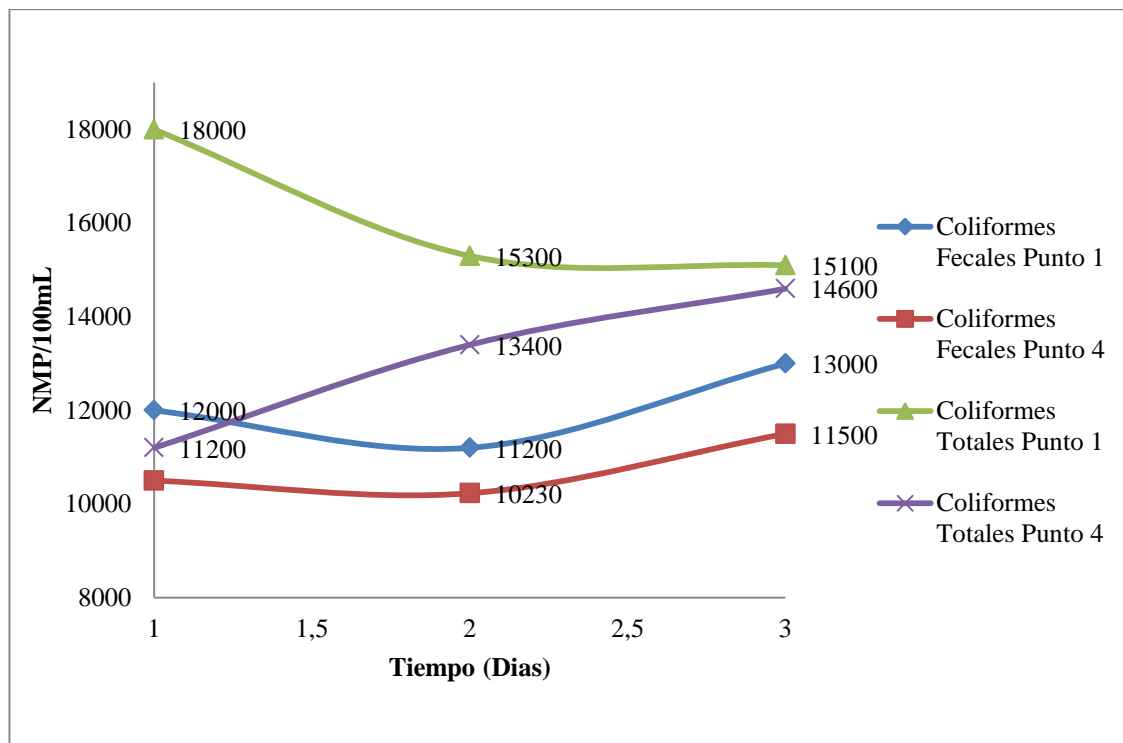
5.2.3.1. Coliformes Totales y Coliformes Fecales

Cuadro 19. Variaciones microbiológicas de la calidad de agua que ingresa y sale

Descripción	Punto	Unidad	Límite Permitido (TULSMA)	1	2	3
Coliformes Fecales	1	NMP/100mL	10000	12000	11200	13000
	4	NMP/100mL	10000	10500	10230	11500
Coliformes Totales	1	NMP/100mL	20000	18000	15300	15100
	4	NMP/100mL	20000	11200	13400	14600

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 19. Variaciones microbiológicas de la calidad de agua que ingresa y sale



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Interpretación.- El Cuadro y Gráfico 19, refleja que los Coliformes Fecales en el punto 1 tienen un valor inferior de 11200,00 NMP/100ml y un valor superior de 13000,00 NMP/100ml; mientras que en el punto 4 presenta un valor inferior de 10230,00 NMP/100ml y un valor superior de 11500,00NMP/100ml, con estos valores se puede deducir que el efluente de la empresa registra una contaminación notoria por la presencia marcada de este agente patógeno y que se genera en alguna de las actividades realizadas en la planta así como también que el agua utilizada en la planta tiene un alto grado de contaminación microbiológica.

Si comparamos el resultado obtenido con lo que establece la norma TULSMA, (2014); cuyo límite permitido es de 10000 NMP/100ml, nos damos cuenta que los valores resultantes del análisis están fuera del rango permitido.

De igual forma se observa en relación al análisis de Coliformes Totales en el punto 1 que tiene un valor inferior de 15100 NMP/100ml y un valor superior de 18000 NMP/100ml, y en el punto 4; 11200 NMP/100ml valor inferior y superior 14600 NMP/100ml, por lo que se prevé que existe una contaminación que se genera desde un inicio y se multiplica después de pasar por todas las etapas del proceso.

Por lo tanto se analiza que el agua que es utilizada en la planta para las diversas actividades no está apta para el procesamiento de un producto alimenticio. Según Suba, (2013); en aguas residuales de su estudio no existe presencia de Coliformes Totales mientras que en nuestro estudio la presencia de estos elementos representan un problema que debe ser corregido.

5.3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ

5.3.1. Características del efluente a tratar

En el Cuadro 20 se presenta los resultados obtenidos para los diferentes parámetros cuantificados en el efluente proveniente de la industria quesera Tuquerez, así como los límites permisibles de acuerdo a las normas TULSMA. (2014); para descargas de este tipo de procesos productivos.

Cuadro 20. Caracterización fisicoquímica del efluente descargado por la Quesera Tuquerez

Parámetro	Unidad	Valor Promedio obtenido	Límite permitido (TULSMA)
TDS	mg/L	623,00	130
Conductividad	mmhos/cm	1209,90	1000
Turbidez	NTU	926,50	100
Nitritos	mg/L	0,03	1
Nitratos	mg/L	0,99	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	6,48	30
Cromo	mg/L	0,04	0,5
Fosfatos	mg/L	18,41	2 (según UE)
Sulfato	mg/L	4,60	250
Cobre	mg/L	0,13	1
Cloro	mg/L	0,21	0,5
Cloruro	mg/L	52,6	1000
Hierro	mg/L	0,46	10
Dureza total	mg/L	1905,29	500
DQO	mg/L	2444,85	200
Coliformes Fecales	NMP/100mL	12067	10000
Coliformes Totales	NMP/100mL	16133	20000
pH	-	4,56	06 hasta 09
Temperatura	°C	18,80	Hasta 35
Caudal (Q)	L/h	1224	

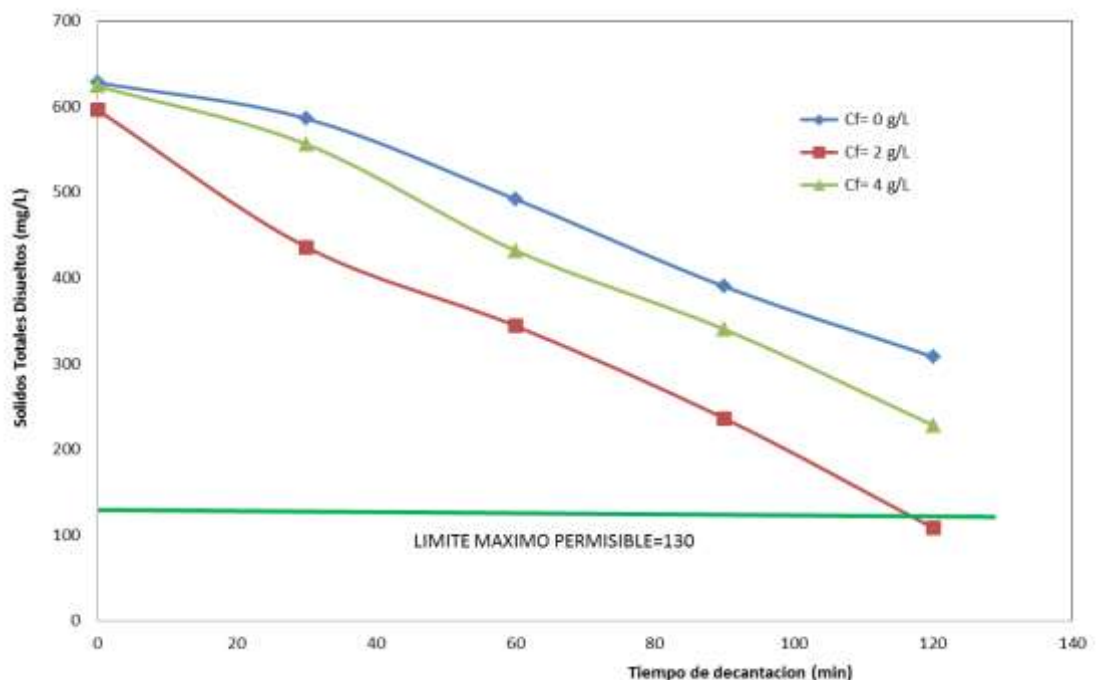
Fuente: Datos experimentales, 2016.

Los resultados obtenidos indican que principalmente el efluente descargado excede algunos parámetros asociados a la presencia de sólidos disueltos (conductividad y dureza), sólidos suspendidos (turbidez) y a la carga orgánica presente (DQO y fosfatos).

Con el propósito de remediar aquellos parámetros consecuencia de la presencia de sólidos disueltos y suspendidos en el efluente, se realizaron ensayos a nivel de laboratorio mediante el uso de un agente floculante comercial (EcoFloc A4.01), con el objetivo de determinar la dosis y eficiencia de remoción. Para dichos ensayos, denominados pruebas de jarra, se colocó un litro de efluente en un tubo de ensayo graduado, utilizando diferentes dosis de floculante y midiéndose a lo largo del tiempo las propiedades del efluente a nivel de la superficie del cilindro graduado.

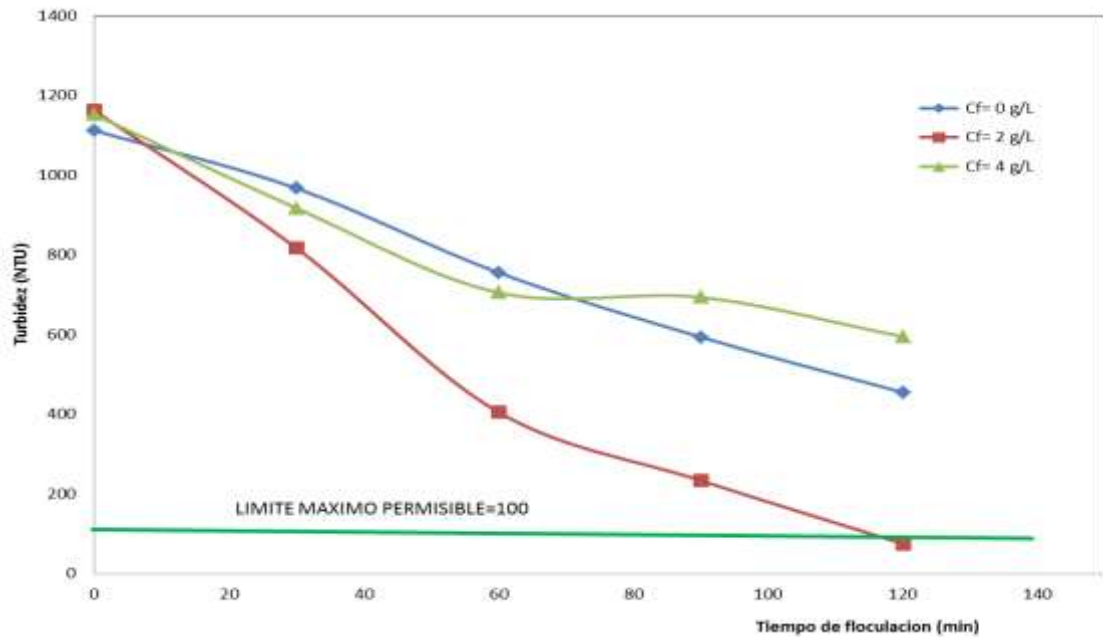
El Gráfico 20 y 21 se muestran las variaciones de la concentración de sólidos totales disueltos (TDS) y de la turbidez en función del tiempo de decantación, indicándose en cada caso el tiempo óptimo de aproximadamente 120 minutos a fin de reducir las concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles, así como estableciendo una dosis de 2 g/L de floculante como la dosis óptima a utilizar en el diseño del sistemas de floculación.

Gráfico 20. Disminución de sólidos totales disueltos en función del tiempo de floculación a diferentes dosis de floculante



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Gráfico 21. Disminución de la turbidez en función del tiempo de floculación a diferentes dosis de floculante



Fuente: Datos experimentales, 2016.

5.3.2. Definición de las características del efluente a tratar

El objetivo del presente capítulo es realizar el diseño del sistema de tratamiento más conveniente, una vez realizada la caracterización fisicoquímica del efluente proveniente del proceso de producción de la Quesera Tuquerez, así como de los resultados obtenidos de los ensayos de jarra, igualmente realizados en laboratorio utilizando un agente floculante, a los fines de la eliminación de sólidos totales disueltos y la turbidez (sólidos suspendidos).

En relación al uso del programa SUPER PRO DESIGNER, para diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta de lácteos en estudio, se inicia con la creación de una base de datos de los componentes, considerando los parámetros físico químicos identificadas durante los análisis de laboratorio. Para ello se utiliza la opción DATABANK del menú de selección del programa, y activando la opción USER, y desde allí crear la base de datos particular. En la Figura 5 se muestra la lista de compuestos incorporados en dicha base de datos. Es importante señalar que para la creación de la base de datos se consideran las propiedades del agua para asociarlas a todos los compuestos analizados, a

excepción al componente DQO, el cual representa la especie que contempla la carga orgánica presente en el efluente, en cuyo caso se considera a la glucosa como especie asociada para caracterizar sus propiedades físicas dentro del programa de simulación.

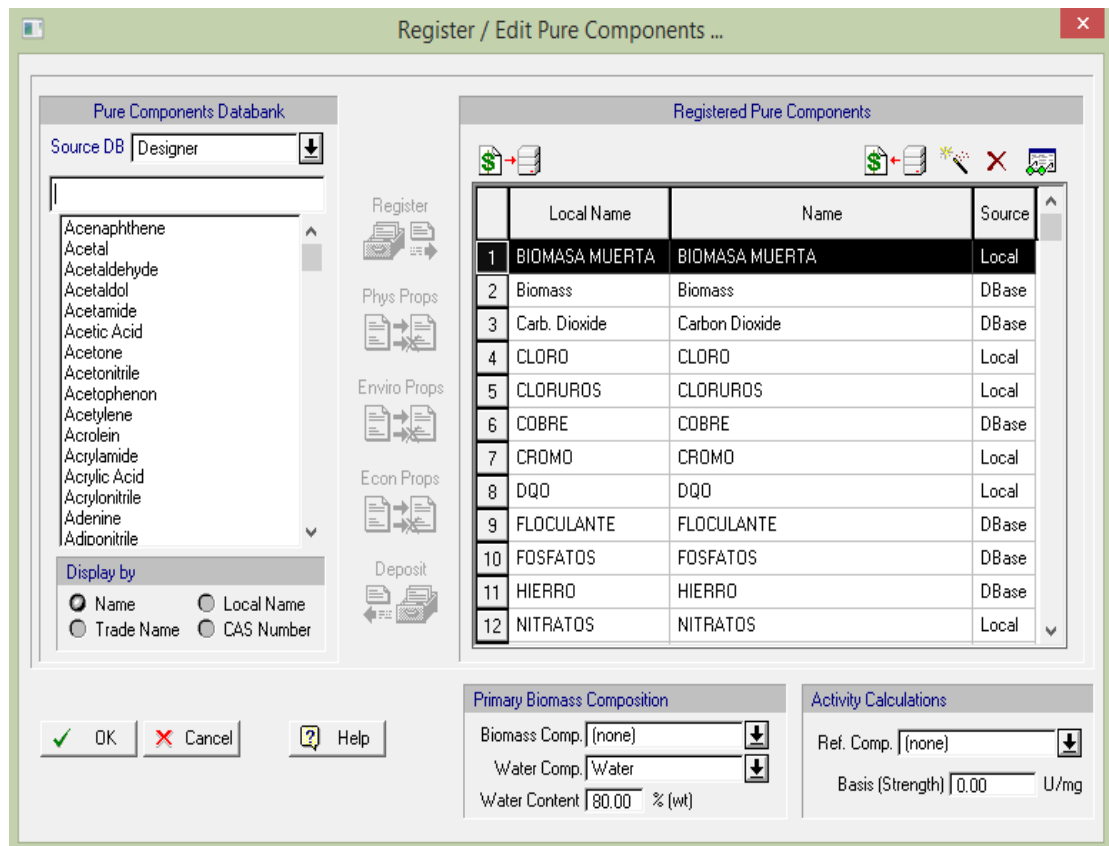
Una vez creada la base de datos de tipo USER con las especies determinadas en el efluente a partir de los análisis de laboratorio, se procede a definir la lista de componentes presentes en el proceso durante la simulación, a partir de las bases de datos DESIGNER, disponible como base de datos principal del programa, y de la base USER, recién creada por el usuario. En este punto se realiza a través de la opción TASK, y COMPONENT PURE, REGISTER LIST del simulador. En la Figura 6 se presenta la lista de componentes creada a los fines del diseño de sistema de tratamiento.

Figura 5. Lista de componentes incorporados en la base de datos USER creada para el diseño del sistema de tratamiento

	Local Name	Name	Company ID
1	BIOMASA MUERTA	BIOMASA MUERTA	BIOMASA MUERTA
2	CLORO	CLORO	CLORO
3	CLORUROS	CLORUROS	CLORUROS
4	COBRE	COBRE	COBRE
5	CROMO	CROMO	CROMO
6	DQO	DQO	DQO
7	FLOCULANTE	FLOCULANTE	FLOCULANTE
8	FOSFATOS	FOSFATOS	FOSFATOS
9	HIERRO	HIERRO	HIERRO
10	NITRATOS	NITRATOS	NITRATOS
11	NITRITOS	NITRITOS	NITRITOS
12	NITROGENO AMON	NITROGENO AMONICAL	NITROGENO AMONICAL
13	SOLIDOS DISUELT	SOLIDOS DISUELTOS	SOLIDOS DISUELTOS

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 6. Lista de componentes presentes en el sistema de tratamiento del efluente proveniente de las bases de datos USER y DESIGNER



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Luego de definir la lista de compuestos presentes durante el diseño y simulación del proceso de tratamiento del efluente, se procede a la construcción del efluente a tratar, definiendo las cantidades necesarias de cada componente hasta conseguir los niveles de concentración determinadas en los análisis de laboratorio. Este proceso se realiza de forma manual, variando los flujos másicos hasta lograr las concentraciones deseadas. En la Figura 7 se presentan los valores de flujos másicos fijados y concentraciones deseadas, igualmente se especifica el caudal volumétrico medido durante la recolección de datos en planta, y la temperatura del efluente. En la Figura 7 se visualiza en la parte superior la opción identificada como Env. Properties, donde al activar esta opción se muestra el formato presentado en la Figura 8, donde se presenta el parámetro DQO para el efluente, el cual corresponde a un valor de 2444 mg/L aproximadamente.

Figura 7. Definición de las concentraciones del efluente a tratar en base a resultados de análisis de laboratorio

Stream EFLUENTE A TRATAR (INPUT --> P-1)

Composition, etc. Physical State Env. Properties Comments

Registered Ingredients

- Components
- Stock Mixtures

BIOMASA MUERTA

BIOMASA MUERTA

Biomass
Carb. Dioxide
CLORO
CLORUROS
COBRE
CROMO
DQO
FLOCULANTE
FOSFATOS
HIERRO
NITRATOS
NITRITOS
Nitrogen
NITROGENO AMONI
Oxygen
SOLIDOS DISUELT
SULFATOS
TURBIDEZ
Water

Composition

	Ingredient Name	Comp ?	Flowrate (kg/h)	Mass Comp. (%)	Concentration (mg/L)	Extra-Cell %
1	CLORO	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00025	0.0000	0.21083	100.0
2	CLORUROS	<input checked="" type="checkbox"/>	0.06436	0.0053	52.58696	100.0
3	COBRE	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00016	0.0000	0.13073	100.0
4	CROMO	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00005	0.0000	0.04217	100.0
5	DQO	<input checked="" type="checkbox"/>	2.85960	0.2343	2336.48984	100.0
6	FOSFATOS	<input checked="" type="checkbox"/>	0.02253	0.0018	18.40871	100.0
7	HIERRO	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00056	0.0000	0.45756	100.0
8	NITRATOS	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00121	0.0001	0.98866	100.0
9	NITRITOS	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00004	0.0000	0.03268	100.0
10	NITROGENO AMONI	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00793	0.0006	6.47941	100.0

Set Ingredient Rows Mass Composition

Total Flowrates Auto-Adjust

Temperature 18.80 °C

Pressure 1.013 bar

Enthalpy 26.590 kW-h/h

Activity 0.00 U/mL

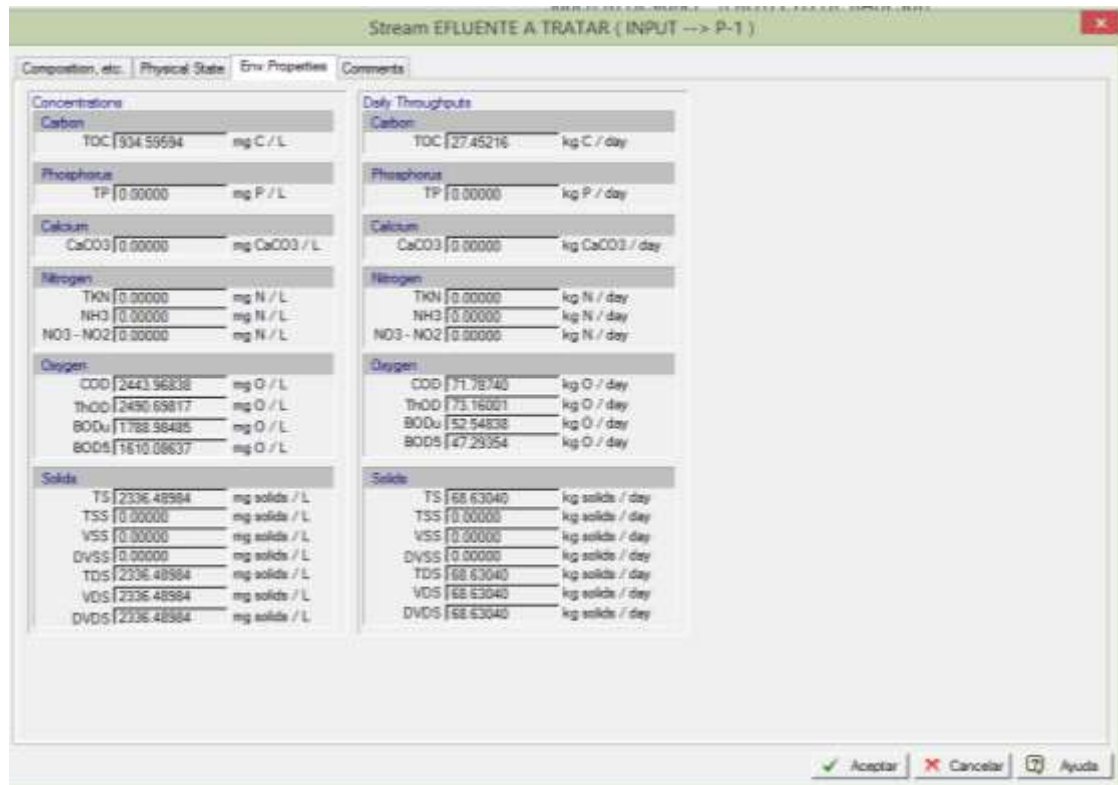
Units Mass [kg] Vol. [L] Composition [%] Conc. [mg/L] Enthalpy [kW-h]

Time Reference for Rows Batch Assume Cycle Evaporation Cycle Time Average [h]

Aceptar Cancelar Ayuda

Fuente: Datos Experimentales, 2016.

Figura 8. Definición de la carga orgánica del efluente DQO a tratar en base a resultados de análisis de laboratorio



Fuente: Datos experimentales, 2016.

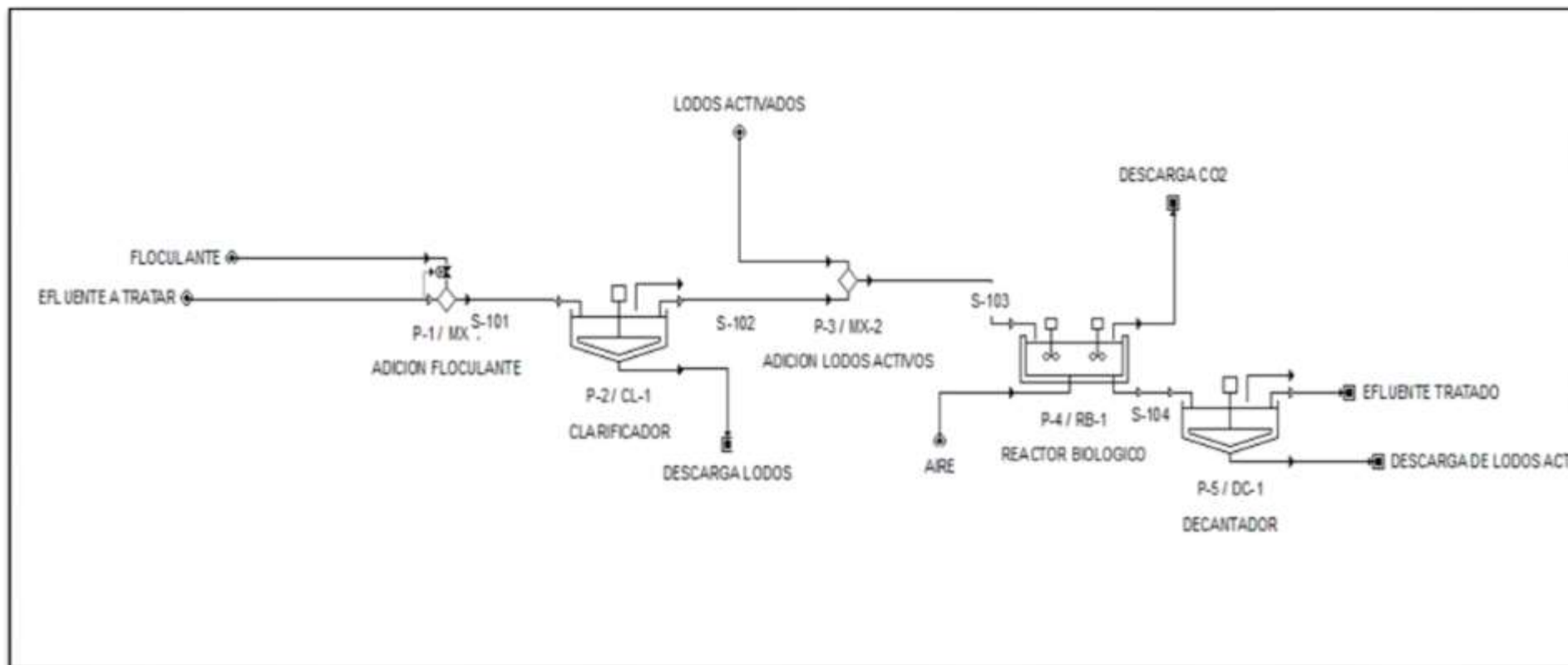
En relación al sistema para el tratamiento del efluente generado por la empresa en estudio, considerando que los parámetros medidos y los límites máximos permisibles establecidos por las normas TULSMA, las fuentes de contaminación están ligadas principalmente a la presencia de sólidos (disueltos y suspendidos) y carga orgánica (DQO y fosfatos), como parte de este trabajo se propone un tratamiento primario de carácter físico mediante el uso de un agente floculante (clarificador), y luego uno de tipo biológico basado en el principio de lodos activados para la reducción de la carga orgánica (DQO y fosfatos). La Figura 9 presenta el diagrama de flujo del sistema de tratamiento propuesto para el tratamiento del efluente de la Quesera Tuquerez.

A los fines de tratamiento, inicialmente el efluente proveniente de la descarga del proceso es sometido a una adición del agente floculante, en una cantidad para ajustar una concentración del mismo de 2 g/L en el efluente, dosis óptima para lograr una eliminación de los sólidos totales disueltos (TDS) y sólidos suspendidos, determinados por medio de las mediciones de la turbidez en el

efluente. Para ello, a nivel del programa SUPER PRO DESIGNER se utiliza una operación unitaria Mixing, de tipo Custom y donde se define la concentración de floculante deseada. Esta unidad determina entonces el flujo másico de floculante necesario para mantener esa concentración en el efluente. La Figura 10 muestra el formato correspondiente para definir esta unidad de mezclado.

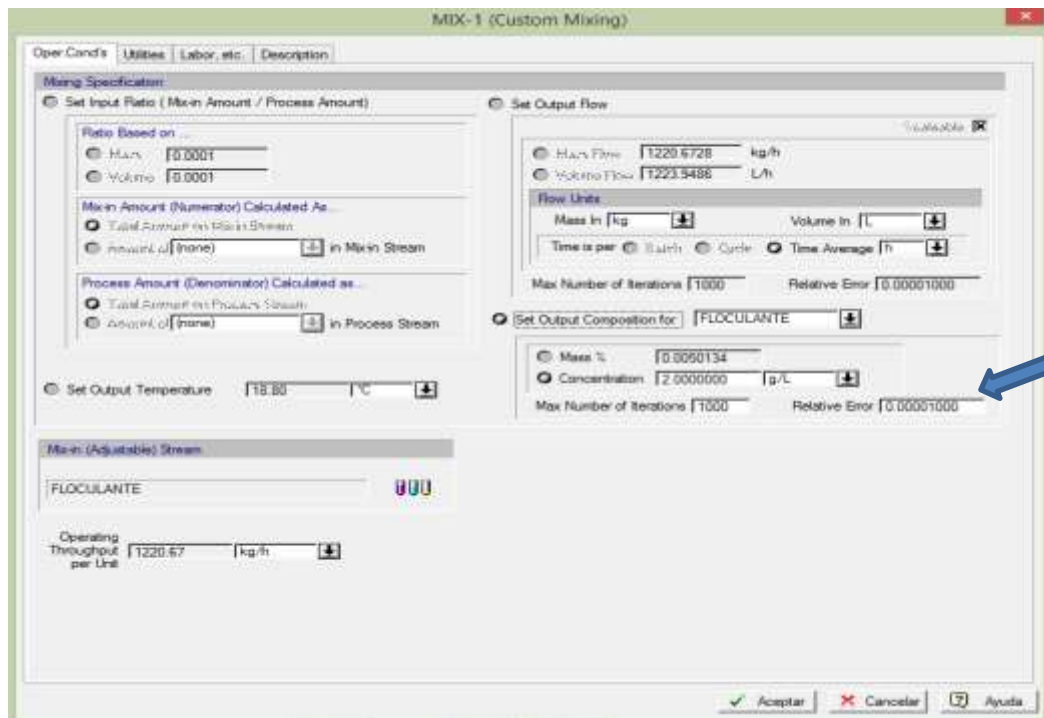
Una vez realizada la simulación, se calculada entonces el flujo másico de floculante necesario en el proceso. En la Figura 11 se presenta el flujo de floculante determinado a las condiciones de la simulación, es decir una caudal de entrada de 2224 L/h medido durante el período de muestreo. El flujo determinado resulto de 2.45 kg/h de floculante.

Figura 9. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento del efluente proveniente de la quesera Tuquerez



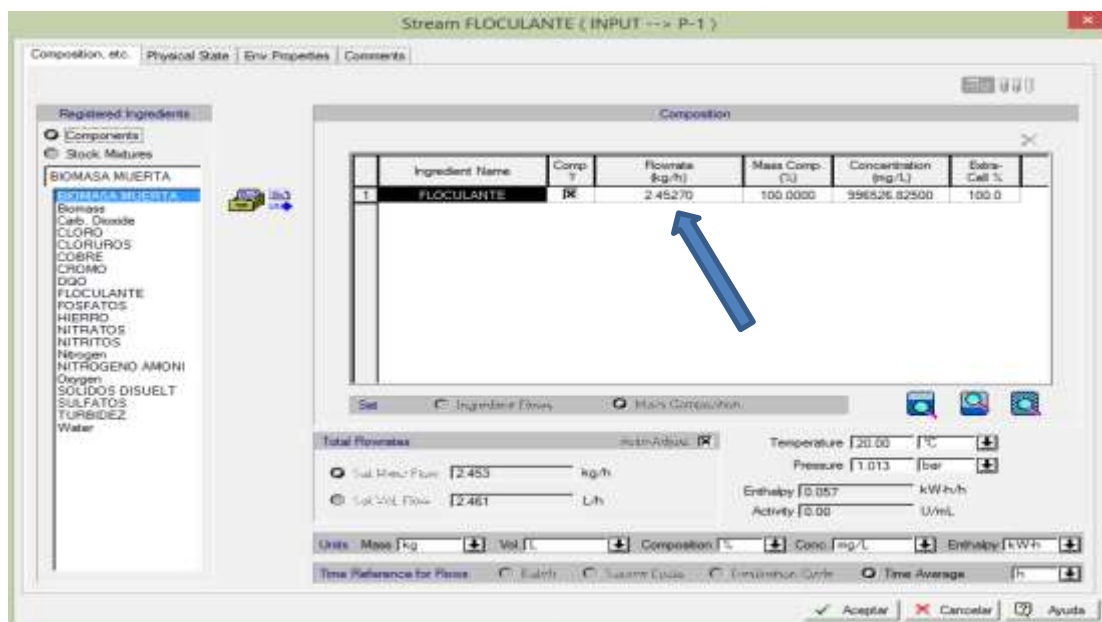
Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 10. Formato para la fijación de la concentración de floculante en la corriente del efluente



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 11. Formato para la determinación del flujo másico de floculante luego de la simulación



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Una vez adicionado el floculante en la cantidad necesaria para una concentración de 2 g/L, el efluente es sometido a una etapa de clarificación o decantación, en

donde por efecto gravitacional se produce la separación de los sólidos presentes de efluente. En la a Figura 12 se presenta las condiciones de operación de esta unidad de separación, donde cabe resaltar un flujo volumétrico superficial (Overflow rate) de 800 L/m²-h y un tiempo de retención o de residencia de 112.5 minutos, tiempo suficiente para lograr una buena clarificación, en base a los resultados obtenidos en las pruebas de jarra realizadas en el laboratorio para reducir los valores de solidos disueltos, turbidez y fosfatos por debajo de los límites máximos establecidos por las normas TULSMA.

Figura 12. Condiciones de operación de la unidad de clarificación del efluente luego del tratamiento con el agente floculante

The screenshot shows the 'CLARIFY-1 (Clarification)' software window. It has several tabs: 'Oper.Cond's', 'Vent./Emissions', 'Labor, etc.', and 'Description'. The 'Oper.Cond's' tab is active, showing two main sections: 'Removal of Particulate Components' and 'Design Options'.

Removal of Particulate Components:

- Calculate Using Empirical Model
- Set by User

Model Parameters: a | 158.00 | n | 0.20 | m | 1.00

Particle Removal Table:

Component	Removed ?	Removal %
BIOMASA MUERTA	<input type="checkbox"/>	0.00
Biomass	<input type="checkbox"/>	0.00
Carb. Dioxide	<input type="checkbox"/>	0.00
COLORO	<input type="checkbox"/>	0.00
COLORUROS	<input type="checkbox"/>	0.00

Design Options:

- Set Overflow Rate: 800.00 L/m²-h
- Set Properties of Limiting Particle

Particle Diameter: 100.00 microns
Particle Density: 1030.000 g/L

Power Consumption:

Power Type: Std Power
Power: 0.5765 kW

Particulate Conc. in Sludge: 10.000 g/L
Liquid Viscosity: 1.000 cP
Detention Time: 112.500 min
Solids Loading: 31.08 kg/m²-day

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Adicionalmente a las condiciones de operación, el programa SUPER PRO DESIGNER realiza el diseño del clarificador. En la Figura 13 se presenta los valores obtenidos para las dimensiones del clarificador, y de donde cabe destacar

que se requiere de un tanque rectangular de 2295 L, de forma rectangular con una profundidad de 1.5 m, 2.47 m de largo y 0.62 m de ancho.

Figura 13. Dimensiones físicas de la unidad de clarificación

The screenshot shows a software window titled "CL-1 (Clarifier)". The interface is divided into several sections:

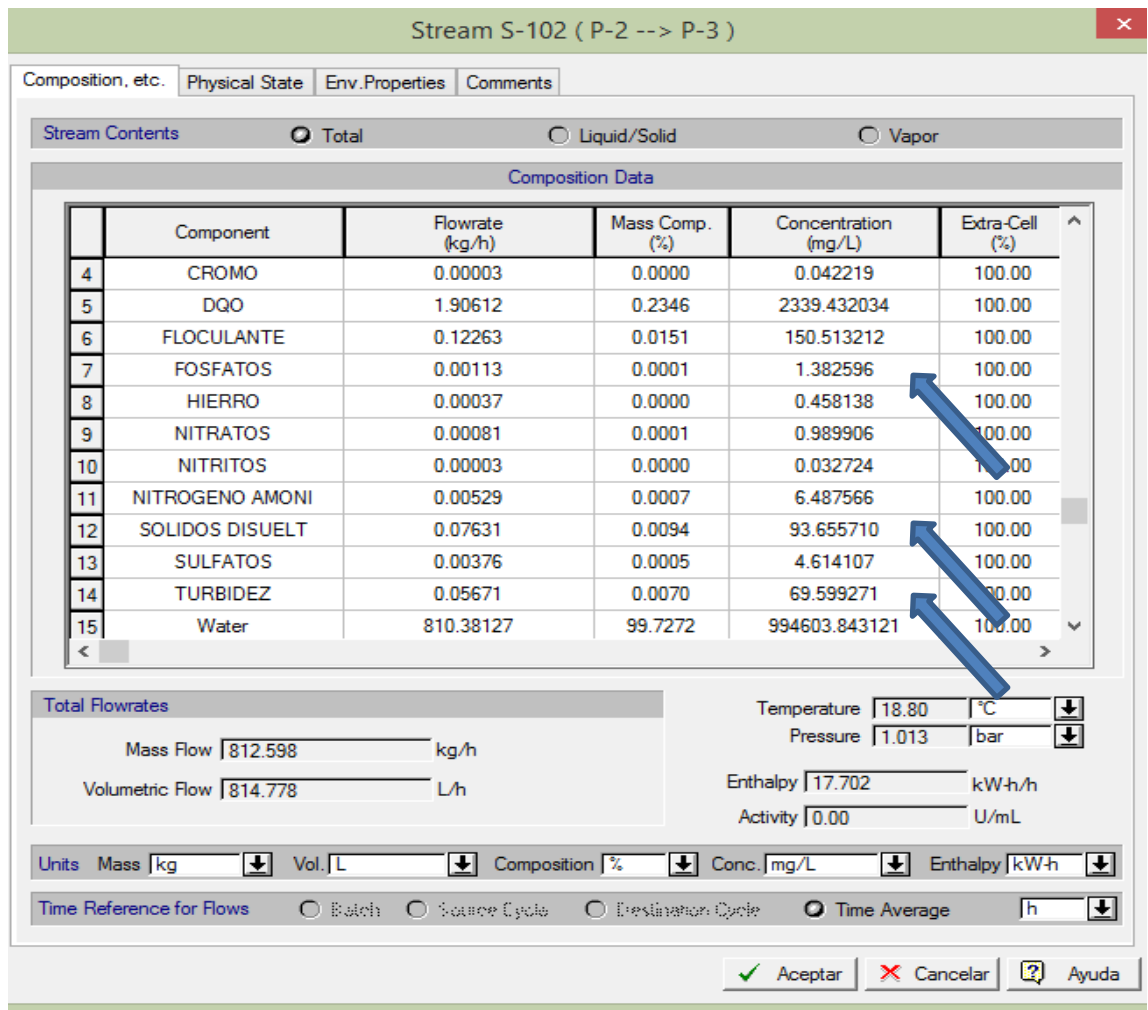
- Selection:** Includes a radio button for "Select" with a dropdown menu showing "CL-1", and a radio button for "Request New" with a text input field for "Name".
- Size:** Includes a radio button for "Calculated (Design Mode)" and a radio button for "Set by User (Rating Mode)".
- Description:** Includes fields for "Name" (CL-1), "Type" (Clarifier), and "Number of Units" (1). It also displays calculated values: "Max Surface Area" (2500.00 m²), "Surface Area" (1.53 m²), and "Tank Volume" (2294.90 L).
- Tank Depth:** Includes a radio button for "Depth" (set to 1.50 m) and a radio button for "Calculated (Based on Detention Time)".
- Tank Area:** Includes a radio button for "Circular" and a radio button for "Rectangular" (selected). The "Rectangular" option has an "L/W" ratio of 4.00.
- Rectangular Tank:** Includes fields for "Length" (2.47 m) and "Width" (0.62 m).
- Circular Tank:** Includes a field for "Diameter" (0.00 m).

At the bottom of the window, there are three buttons: "Aceptar" (Accept), "Cancelar" (Cancel), and "Ayuda" (Help).

Fuente: Datos Experimentales, 2016.

Una vez realizada la simulación, en la Figura 14 se presenta el formato donde están reflejadas las concentraciones de la corriente sobrenadante a la salida del clarificador (S-102), donde se visualiza las concentraciones de fosfatos, sólidos totales disueltos y turbidez de 1.38, 93.64 y 69.50 mg/L respectivamente, todas ellas por debajo de los límites establecidos.

Figura 14. Concentración de la corriente de salida de la unidad de clarificación S-102



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Es importante señalar que al reducir los niveles de sólidos totales disueltos presentes en el efluente, se producirá una reducción proporcional en los valores de conductividad y dureza total. Estos parámetros, según resultados de laboratorio están por encima de los límites permisibles, pero serán reducidos al reducir los sólidos totales disueltos.

Luego del tratamiento primario físico, se procede a un tratamiento biológico por lodos activados con el objetivo de remover la carga orgánica presente en el efluente (DQO). En la Figura 15 presenta las condiciones de operación del reactor biológico. Es de resaltar que el reactor se considera adiabático, y un nivel de

oxígeno disuelto de 2.0 mg/L, y se determinó de la simulación un tiempo de residencia para los lodos de 7 horas.

Figura 15. Condiciones de operación del reactor biológico por lodos activados

The screenshot displays the 'BIODEGRADE-1 (Kinetic Aerobic BioOxidation)' software interface. The main window has a title bar with a close button (X) and a menu bar with options: Oper.Cond's, Volumes, Reactions, Vent./Emissions, Sorption, Labor, etc., and Description. The interface is divided into several panels:

- Thermal Mode:** Includes radio buttons for 'Set Exit Temp.' (18.80 °C), 'Adiabatic' (selected), and 'Set Duty'. Below are 'Heating' (0.00 kcal/h) and 'Cooling' (0.00 kcal/h) settings.
- Aeration Data:** Shows 'Inlet Stream' as 'AIRE' and 'Dissolved Oxygen Conc.' as 2.00 g/L. It also includes 'Aeration System' (Surface Air selected) and 'Air Requirement' (0.030 STD m3 Air per (m3 Liq/min)).
- Heat Transfer Agent:** Features a 'Name' dropdown (none), 'Inlet Temp.' (0.00 °C), 'Outlet Temp.' (0.00 °C), and 'Rate' (0.00 kg/h).
- Power Consumption (for Agitation, etc.):** Shows 'Power Type' as 'Std Power' and three options: 'Set Specific Power' (0.0000 kW/m3), 'Set Total Power' (0.0000 kW), and 'Set Power per Unit' (0.0000 kW).
- Pressure:** Includes a 'Set by User' checkbox and a 'Pressure' field set to 1.013 bar.
- Sludge Wasting Streams:** Shows 'Stream One' as 'EFLUENTE TRATADO', 'Stream Two' as 'DESCARGA DE LODOS AC', and 'Sludge Residence Time' as 7.003 h.

At the bottom, there are three buttons: 'Aceptar' (green checkmark), 'Cancelar' (red X), and 'Ayuda' (question mark).

Fuente: Datos experimentales, 2016.

En la Figura 16, al seleccionar la opción Volumes, permite al usuario fijar el tiempo de residencia en el reactor, de forma de lograr una degradación apropiada de la carga orgánica presente en el efluente. En el caso del tratamiento del efluente de la quesera se fijó un tiempo de residencia de 7 horas, y un volumen real de trabajo de un 90% del volumen total del recipiente, tal como se muestra en la Figura 16.

Seguidamente se procede a definir las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso de degradación biológica de la carga orgánica, considerándose dos reacciones principales. Una para la degradación de la materia orgánica para la

producción de biomasa, dióxido de carbono y agua, y una segunda que considera la mortalidad de la biomasa en el reactor.

Figura 16. Definición del tiempo de residencia y volumen de trabajo del reactor biológico por lodos activados

The screenshot shows a software window titled "BIODEGRADE-1 (Kinetic Aerobic BioOxidation)". The window has a menu bar with the following options: Oper. Cond's, Volumes, Reactions, Vent./Emissions, Sorption, Labor, etc., and Description. The "Volumes" tab is selected. Within this tab, there is a "Design Specifications" section containing three input fields:

Parameter	Value	Unit
Residence Time	7.00	h
Working to Vessel Volume Ratio	90.00	%
Working Volume	7332.74	L

Fuente: Datos experimentales, 2016.

En la Figura 17 se presenta el formato inicial que permite luego el acceso para la definición de la estequiometría y cinética de las reacciones (BIOMASA y DQO). Las Figuras 18 y 19 muestran las definiciones de la estequiometría para ambas reacciones.

Una vez definida la estequiometría de las reacciones, seguidamente se procede a establecer los parámetros cinéticos considerados en cada una de las reacciones. Las Figuras 20 y 21 presentan los formatos con los parámetros cinéticos considerados.

Figura 17. Formato para acceder para definir la estequiometría y cinética de las reacciones

BIODEGRADE-1 (Kinetic Aerobic BioOxidation)

Oper.Cond's | Volumes | **Reactions** | Vent./Emissions | Sorption | Labor, etc. | Description

Reaction Data

Name: BIOMASA

Reaction-Limiting Comp.: Biomass

Extent Achieved: 7.911 %

Reaction Heat ignore

Enthalpy: 0.000 kcal/kg

for Reference Component: (none)

at Reference Temp.: 25.00 °C

Reaction Mass Stoichiometry

1.00 Biomass --> 1.00 BIOMASA MUERTA

Reaction Scheme

BIOMASA

DQO

Aceptar | Cancelar | Ayuda

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 18. Estequiometría de la reacción de degradación de la biomasa

Stoichiometry Balance for BIOMASA

Reactants

	Component	Mass Coef.
1	Biomass	1.0000

Total Mass: 1.0000

Products

	Component	Mass Coef.
1	BIOMASA MUERTA	1.0000

Total Mass: 1.0000

Stoichiometric Coefficients: Mass Molar

OK | Cancel | Help

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 19. Estequiometría de la reacción de degradación de la carga orgánica DQO

Reactants		
	Component	Mass Coef.
1	DQO	1.0000

Products		
	Component	Mass Coef.
1	Biomass	0.4000
2	Carb. Dioxide	0.3000
3	Water	0.3000

Total Mass: 1.0000

Stoichiometric Coefficients: Mass Molar

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 20. Definición de parámetros cinéticos de la reacción de degradación de la biomasa

Rate = k × {S-Term} × {O-Term} × {B-Term}

(in mg/L-h) Constant Substrate Term Other Term Biomass Term

Rate Ref. Comp. **Biomass**

Initial Guess of Extent: 100.00 %

S-Term

Substrate: **Biomass**

Monod $\frac{[S]}{K_s + [S]}$ K_s : 35.000 mg/L

Haldane $\frac{[S]}{K_s + [S] + [S]^2/K_i}$ K_s : 35.000 mg/L, K_i : 50.000 mg/L

Grau $\frac{[S]}{[S]_{in}}$

First Order $[S]$

None

k

Set by User: 0.050000 1/h

Calculated

Reaction Type

Biodegradation: k_{max} : 0.000000000 1/h, T_o : 20.00 °C, θ : 1.00000

$k = k_{max} \cdot \theta^{T-T_o}$

Other: k_o : 0.000000000 1/h, E: 0.00000 kcal/mol

$k = k_o \cdot e^{-E/RT}$

O-Term

K_o : 0.050000 mg/L

Other Comp.: (none)

Monod $\frac{[O]}{K_o + [O]}$

Inhibition $\frac{[O]}{K_o + [O]}$

None

B-Term

Biomass Component: (none)

First Order $[B]$

None

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 21. Definición de parámetros cinéticos de la reacción de degradación de la carga orgánica

Kinetics for DQO

Rate = k × {S-Term} × {O-Term} × {B-Term}

(in mg/L-h) Constant Substrate Term Other Term Biomass Term

Rate Ref. Comp. ↓

Initial Guess of Extent %

S-Term

Substrate ↓

Monod $\frac{[S]}{K_s + [S]}$ K_s mg/L

Haldane $\frac{[S]}{K_s + [S] + [S]^2/K_i}$ K_s mg/L K_i mg/L

Grau $\frac{[S]}{[S]_{in}}$

First Order $[S]$

None

k

Set by User 1/h

Calculated

Reaction Type

Biodegradation k_{max_o} 1/h

$k = k_{max_o} \theta^{T-T_o}$ T_o °C

θ

Other $k = k_o e^{-E/RT}$ k_o 1/h

E kcal/mol

O-Term

K_o mg/L

Other Comp. ↓

Monod $\frac{[O]}{K_o + [O]}$

Inhibition $\frac{K_o}{K_o + [O]}$

None

B-Term

Biomass Component ↓

First Order $[B]$

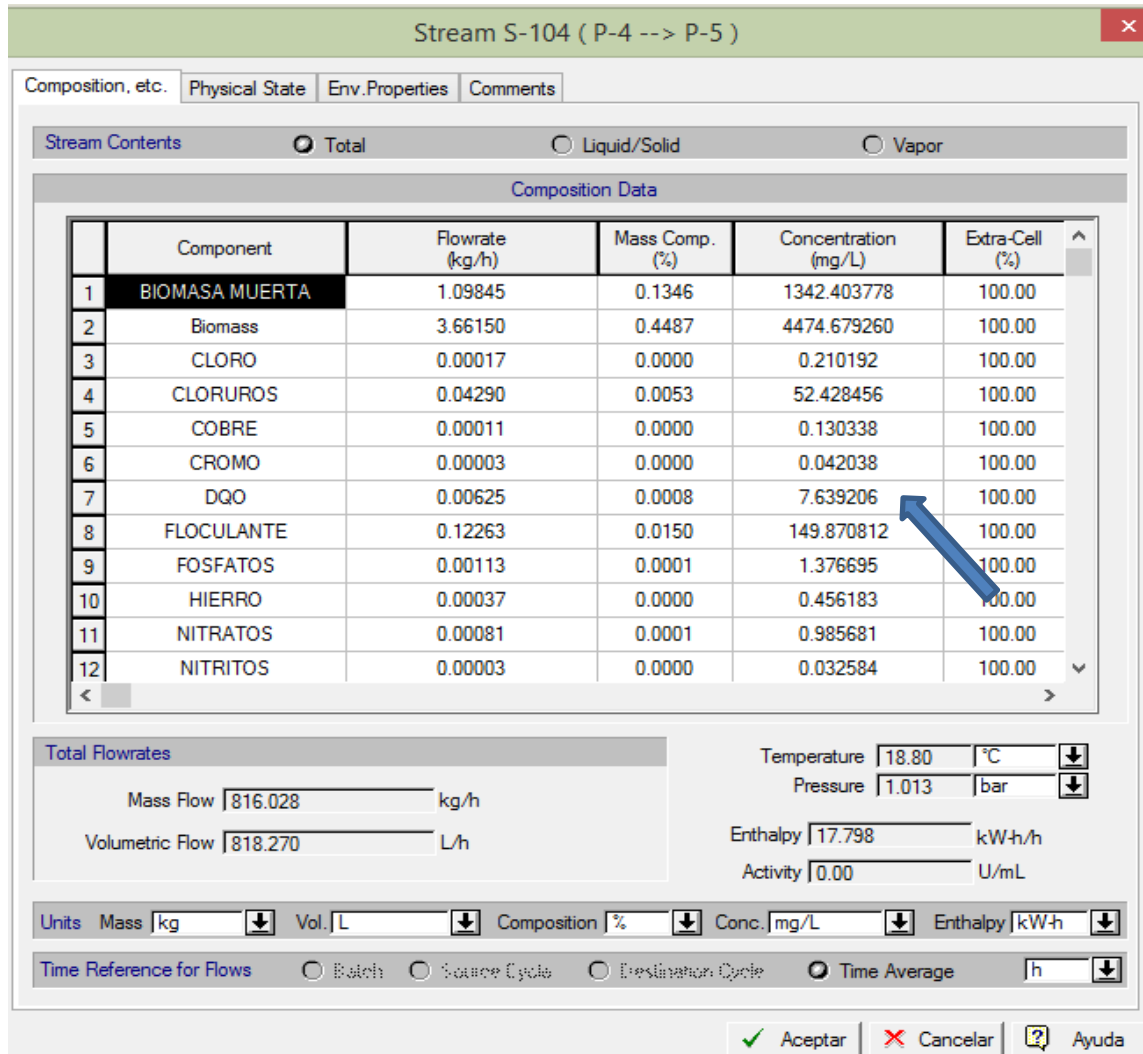
None

OK Cancel Help

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Como resultado de la simulación de la etapa de reacción por lodos activados, se observa de los resultados mostrados en la Figura 22, donde se presentan los valores de las concentraciones en la corriente de salida (S-104), donde se determina una concentración del DQO de 7.63 mg/L, valor muy por debajo del límite exigido por la normativa.

Figura 22. Resultados de concentraciones de la corriente a la salida del reactor biológico por lodos activados



Fuente: Datos experimentales, 2016.

Igualmente el programa SUPER PRO DESIGNER realiza el diseño del reactor y las dimensiones obtenidas son presentadas en la Figura 23. Cabe destacar un volúmen de 5457 litros, tanque de geometría rectangular con 2.0 m de profundidad, largo de 2.61 m y 1.04 m de ancho.

Figura 23. Dimensiones de reactor biológico determinado por el programa SUPER PRO DESIGNER.

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Como resultado del tratamiento biológico por lodos activados, se produce un crecimiento de la biomasa, por lo que se hace necesario luego de la etapa de reacción una unidad de decantación, con el objetivo de eliminar en forma de lodos esta biomasa generada, así como la muerta durante el proceso de reacción.

En la Figura 24 se presenta las condiciones de operación de la unidad de decantación, donde se observa que trabaja con un flujo superficial de 1333.33 L/m²-h y un tiempo de residencia de 135 minutos. Igualmente la Figura 25 muestra los resultados del diseño del decantador, teniéndose un tanque circular de 3.0 m de profundidad y 1.0 m de diámetro a fin de garantizar un tiempo de residencia suficiente para separar los lodos del efluente líquido ya tratado.

Figura 24. Condiciones de operación de la unidad de decantación para la separación de los lodos activados del efluente tratado

CLARIFY-1 (Clarification) ✕

Oper.Cond's Vent./Emissions Labor, etc. Description

Removal of Particulate Components

Calculate Using Empirical Model

Model Parameters
a | 158.00 n | 0.20 m | 1.00

Set by User

Particle Removal

Component	Removed ?	Removal %
BIOMASA MUERTA	<input checked="" type="checkbox"/>	99.00
Biomass	<input checked="" type="checkbox"/>	99.00
Carb. Dioxide	<input type="checkbox"/>	0.00
COLORO	<input type="checkbox"/>	0.00
COLORUROS	<input type="checkbox"/>	0.00
-----	---	---

Design Options

Set Overflow Rate 1333.33 L/m²·h ↓

Set Properties of Limiting Particle

Particle Diameter 100.00 microns

Particle Density 1030.000 g/L ↓

Power Consumption

Power Type Std Power ↓

Power 0.5743 kW ↓

Particulate Conc. in Sludge 10.000 g/L ↓

Liquid Viscosity 1.000 cP ↓

Detention Time 135.000 min ↓

Solids Loading 151.97 kg/m²·day ↓

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Figura 25. Dimensiones de la unidad de decantación para la separación de los lodos activados

DC-1 (Clarifier)

Equipment Purchase Cost Adjustments Consumables Throughput Comments Allocation

Selection

Select DC-1

Request New

Name

Description

Name DC-1

Type Clarifier

Number of Units 1

Max Surface Area 2500.00 m²

Surface Area 0.79 m²

Tank Volume 2356.04 L

Size

Calculated (Design Mode)

Set by User (Rating Mode)

Tank Depth

Depth 3.00 m

Calculated (Based on Detention Time)

Tank Area

Circular

Rectangular

L/W 4.00

Rectangular Tank

Length 0.00 m Width 0.00 m

Circular Tank

Diameter 1.00 m

Aceptar Cancelar Ayuda

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Finalmente, como resultado del diseño y simulación del sistema de tratamiento se produce un efluente a ser descargado, donde las concentraciones de las especies presentes son mostradas en la Figura 26.

Figura 26. Concentraciones de los diferentes contaminantes presentes en la corriente de efluente ya tratado

Component	Flowrate (kg/h)	Mass Comp. (%)	Concentration (mg/L)	Extra-Cell (%)
5 COBRE	0.00005	0.0000	0.131047	100.00
6 CROMO	0.00001	0.0000	0.042267	100.00
7 DQO	0.00267	0.0008	7.680761	100.00
8 FLOCULANTE	0.05229	0.0151	150.686047	100.00
9 FOSFATOS	0.00048	0.0001	1.384184	100.00
10 HIERRO	0.00016	0.0000	0.458664	100.00
11 NITRATOS	0.00034	0.0001	0.991043	100.00
12 NITRITOS	0.00001	0.0000	0.032762	100.00
13 NITROGENO AMONI	0.00225	0.0007	6.495016	100.00
14 SOLIDOS DISUELT	0.03254	0.0094	93.763256	100.00
15 SULFATOS	0.00160	0.0005	4.619406	100.00
16 TURBIDEZ	0.02418	0.0070	69.679193	100.00

Total Flowrates

Mass Flow: 345.985 kg/h
Volumetric Flow: 347.036 L/h

Temperature: 18.80 °C
Pressure: 1.013 bar
Enthalpy: 7.546 kW-h/h
Activity: 0.00 U/mL

Units: Mass [kg], Vol. [L], Composition [%], Conc. [mg/L], Enthalpy [kW-h]

Time Reference for Flows: Batch Source Cycle Destination Cycle Time Average [h]

Fuente: Datos experimentales, 2016.

Los resultados de la simulación indican que los niveles de los contaminantes que estaban excediendo los límites permisibles y presentes en el efluente a tratar, según las normas TULSMA, a citar la Carga Orgánica (DQO), Sólidos Totales Disueltos (TDS), Sólidos Suspendidos (Turbidez) y Fosfatos, una vez sometidos al sistema de tratamiento aquí diseñado, se encuentran todos niveles inferiores a los exigidos por la normativa antes señalada.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Luego de la investigación realizada podemos concluir que los efluentes que se generan durante las siete horas de producción en la empresa de lácteos Tuquerez tienen un volumen y un caudal importante que afecta considerablemente al medio ambiente provocando la contaminación del Rio San Camilo.
- Sin lugar a dudas los elementos contaminantes provienen de los materiales utilizados en el lavado de bidones, tanques, limpieza de infraestructura, equipos, máquinas, desperdicio de leche y suero e incluso del mismo uso de agua sin ningún tipo de tratamiento para su potabilización.
- Mediante el análisis de las características de las muestras tomadas en las horas laborables encontramos que siete de los diecinueve elementos analizados rebasa los valores establecidos como límites máximo permisible, según las normas ambientales TULSMA, suficientes para ser todos en cuenta y poder corregirlos con facilidad por tratarse de una empresa pequeña. Los elementos físicos, químicos y microbiológicos aludidos son: Sólidos totales disueltos, conductividad, turbidez, fosfatos, dureza total, demanda química de oxígeno y coliformes fecales.
- Los datos obtenidos se los puede aplicar en el programa Programa Super Pro Designe, con lo que se demuestra que es posible reducir la carga de sólidos suspendidos y la turbiedad utilizando un tratamiento primario físico con sistema de clarificación para reducir la concentración de la carga contaminante, con un volumen y tiempo de residencia adecuado, una concentración de floculante óptima previo a la prueba de jarra realizada en el laboratorio, En cuanto a la carga orgánica (DQO y Fosfatos) se aplicó un sistema biológico basado en el principio de lodos activados. El reactor

biológico se considera como adiabático y un nivel de oxígeno disuelto con un tiempo de residencia de 7 horas y un volumen real de residencia del 90% del volumen total. En este proceso fue importante considerar dos reacciones que se producen; una producción de biomasa, dióxido de carbono y agua, y la segunda en biomasa muerta.

- Finalmente el diseño y simulación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de Lácteos Tuquerez utilizando el programa SUPERPRO DESIGNER, reduce la carga de contaminantes del efluente a valores por debajo del límite permitido según las normas TULSMA en función de los resultados obtenidos después de la simulación, con lo que claramente se demuestra que el diseño del sistema de tratamiento aplicado con la simulación de procesos en el programa SUPERPRO DESIGNER incide positivamente en la corrección del problema de contaminación ambiental que genera la empresa y la acerca al cumplimiento de las normas establecidas para este efecto.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda medir trimestralmente el caudal del efluente de las aguas residuales in situ en la planta de lácteos Tuquerez, con el fin de que se haga un control preventivo, en este sentido se sugiere a la alta gerencia designar y disponer al personal basado en un cronograma preestablecido para tales controles.
- Se recomienda al personal operativo que se establezca un plan de muestreo de acuerdo a las características del efluente que podría ser incluido en una guía de manejo adecuado de residuos que *garantice* la conservación de la composición de la muestra, debe manejarse con los máximos cuidados no solo la toma física de la muestra sino su manipulación y traslado ya que esto garantiza un resultado posterior confiable.
- Se recomienda al personal designado continuar con el análisis físico químico y microbiológico del efluente de la planta de lácteos Tuquerez, el

mismo que deberá ser estructurado dentro de las B. P. M. (Buenas Prácticas de manufactura) específicamente en el manejo adecuado de residuos, a fin de que se pueda estandarizar dicha práctica.

- Se recomienda a la alta gerencia que se estime la relación costo-beneficio correspondiente a la ejecución del programa de tratamiento de aguas residuales propuesto en el presente trabajo investigativo ya que su implementación permite alcanzar estándares ambientales internacionales que son requeridos legalmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arango, A. 2012. Efecto del pH y la conductividad electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. (en línea) Revista Scielo. 7(1): 4-6. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n1/v7n1a06.pdf>
2. Arango, O; Sanchez, L. 2009. Treatment of dairy industry wastewater using uasb anaerobic system. (en línea). Scielo. 1-8. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n2/v7n2a04>
3. Banco Mundial. 2013. Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratada. (En línea). Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
4. Bolívar, C. 2011. Manual de procedimiento de toma de muestras de agua. Programa en tecnología en control ambiental. (en línea). Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://tecnologosencontrolambientalsenacicuc.blogspot.com/p/manual-de-procedimiento-de-toma-de.html>
5. Cabanelas, J; Anzar, A. 2012. Tomas de muestras. Universidad de Carlos III. Madrid, ES. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/material-clase/MC-F-212.pdf>
6. Camacho, A; Giles, M. Ortegón, A; Palao, M; Serrano, B; Velázquez, O. 2009. Tecinas para análisis microbiológicos de alimentos. (en línea). (2): 1-17. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP>
7. Comisión Económica para América latina y el caribe (CEPAL). 2012. Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. (en línea). Nacionales Unidad (1). 14-15. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/>

Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto
%20IIIc%202012-2.pdf

8. Constitución de la República de Ecuador. 2008. Consultados 10 feb. 2016.
9. Echarri, L. 2007. Población, ecología y ambiente. (en línea). Universidad de Navarra. (1):1-26p. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjmq7mPyaXKAhXGHR4KHWu4CHMQFgghMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.unav.es%2Focw%2Fecologiaing0708%2FTema%25208%2520Contaminacion%2520del%2520agua%252007.pdf&usg=AFQjCNG8Ti9qlFyeqeLL4oyFRT67mkxP2Q&sig2=hG6PAAhdBRWFor2mVDX1aA&bvm=bv.111396085,d.dmo>
10. Falcón Hernández, J. 2015. Empleo de floculantes inorgánicos en el tratamiento de efluentes lácteos." Revista Tecnología Química. 126-133. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/download/412/394.
11. Fuquene D; López, R. 2013. Sistemas de tratamientos de aguas residuales. (en línea). Consultado: 10 feb. 2016. Disponible en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contentido_en_linea/protocolo_acadmico.html
12. GADM Echeandia. 2011. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del gobierno autónomo descentralizado del cantón Echeandia. Consultados 10 feb. 2016. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=BOSQUE+SECOPREMONTANO&ie=utf-8&oe=utf-8#q=plan+de+ordenamiento+territorial+de+echeandia>.
13. Gaibor, J. 2012. Caracterización de aguas residuales generadas en la planta de lácteos El Salinerito-parroquia Salinas-Cantón Guaranda para el diseño de una planta de tratamiento. (en línea). Revista talentos 1(1): 107-112p. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en http://www.ueb.edu.ec/images/PDF/REVISTA_TALENTOS/VOLUMEN_I/CARACTERIZACION.pdf
14. García, L (2004). Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua instrumental necesaria disponible en el mercado. Centro español de

- Metrología. Consultado 10 de feb. 2016. Disponible en http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf
15. Gil, C; Tarache, J. 2010. Evaluación del funcionamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales con lagunas de oxidación aricagua, municipio Antolín del campo, estado de nueva Esparta. Tesis Ing. Puerto La Cruz. VE. 205p. Universidad de oriente. Consultado 10 feb. 2016.
 16. Hernández, W; Vascones, J. 2014. Diseño y construcción de una planta de tratamiento de agua residual: quesera “El Salinerito”, Salinas, Bolívar. Tesis Ing. Riobamba. Ec. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. 144p.
 17. INEC (Instituto nacional de estadísticas y censo). 2013. Vdatos ambiental (en línea). Quito, EC. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-estadisticas-ambientales-siea/>
 18. Innbolivar. 2013. Diagnostico agroindustrial de la provincia Bolívar. Guaranda, EC. 90 p. Consultado 10 feb. 2016.
 19. Intelligen, INC. 1996. SuperPro Product Features. (en línea). Nueva Yersey, US. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en http://www.intelligen.com/superpro_features.html
 20. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental. 2004. Consultado 10 feb. 2016.
 21. Llanos, D. 2013. Diseño de plantas de tratamientos de aguas residuales de industrias de producción lácteos “Pillaro” ubicado en el cantón Pillaro-Tungurahua. Universidad politécnica del Chimborazo. Consultado 10 feb. 2016
 22. Marín, A; Osés, M. 2013. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados. Ed. CEA Jalisco. Jalisco, Mx. Tomo I. 256p. Consultados 10 feb. 2016.
 23. Marsilli, A. 2005. Tratamientos de aguas residuales. Tierramor. Consultados 10 feb. 2016. Disponible en: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

24. Moyano, A. Morgan, J. Guereca, L. 2013. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Primera edición. Universidad Autónoma de México. México, MX. 140p. Consultado 10 feb. 2016.
25. Moral, A. 2011. Depuración de cromo en aguas residuales que contiene alta carga de proteica. (en línea). Interempresas, industria del agua. consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/>
26. Oficina medio ambiental (OMA). 2013. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. (en línea). (1):1-30. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>
27. Peruyera, J. 2010. Caracterización de efluentes líquidos. (en línea). Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <ftp://ulises.quimica.uniovi.es/>
28. Ramalho, R. 2003. Tratamiento de aguas residuales. 2 ed. Editorial REVENTÉ, S.A. Barcelona, ES. 716p. Consultado 10 feb. 2016.
29. Romero, M; Colín A; Sánchez, E; Ortiz, Ma.L. 2009. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. (en línea). Rev. Int. Contam. Ambiental. Vol. 25. (3). 5-7. Consultados 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a4.pdf>
30. Restrepo Gallegos, M. 2006. Cleaner Production in Food Industry. Corporación Universitaria Lasallista. Vol. 1(1): 1-15. Consultado 10 feb. 2016.
31. Rojas, R. 2002. Sistemas de tratamientos de aguas residuales. (en línea) Panamericana de la salud (1) 3-4. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/AVA_II-SEM-2014/Contenidos_del_curso/Material_complementario/2002_Sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
32. Singles, A; Bauder, J. 2012. Calidad, pH, y solidos disueltos totales. (en línea). Northern Plains & Mountains. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en

http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

33. Tuquerez, E. 2015. Descripción de la planta de lácteos Tuquerez. (entrevista), Camarón, EC. Empresa de lácteos Tuquerez. Consultado 10 feb. 2016.
34. Vaca, M; Chapa, M; Carrera, S; Mendieta, M; Cisneros, J. 2014. Tratamiento terciario de aguas residuales por filtración e intercambio iónico. (en línea). Revista PAHO. (1):1-8. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01126e14.pdf>
35. Valdovinos. E. 2014. Síntesis del proceso de obtención de ácido Giberélico en un reactor de tanques agitado de mezcla completa. Tesis M.Sc . Celaya, MX. Instituto Tecnológico de Celaya. 121p.
36. Villanueva Castellón, J. 2009. La simulación de proceso, clave en la toma de decisiones. Revista Dyna. Vol. 83. Pg. 221-227. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en <http://www.revistadyna.com/busqueda/la-simulacion-de-procesos-clave-en-toma-de-decisiones>
37. Zamora, M. 2011. Caracterización de los parámetros de calidad del agua desalojada por la empresa de productos lácteos Marco's con el fin de disminuir su contaminación en el cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua. Tesis M. SC. Ambato, EC. Universidad Técnica de Ambato. 188 p.
38. Zaror, C. 2000. Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Universidad de Concepción. Pag. 186-187. Consultado 10 feb. 2016.

ANEXOS 1

UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



UBICACIÓN DEL MUESTREO



ANEXO 2

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y
MICROBIOLÓGICOS.**

ANEXO 3

BASE DE DATOS

Base de datos del punto 1

BASE DE DATOS																	
ANALISIS FISICOS - QUIMICOS																	
PUNTO 1																	
DIAS	pH	Temp. (°C)	TDS (mg/L)	CD (us/cm)	Turb. (NTU)	Nitri. (mg/L)	Nitra (mg/L)	Nitrog. A. (mg/L)	Cromo (mg/L)	Fosf. (mg/L)	Sulf. (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cloro (mg/L)	cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)	Dur. T. (mg/L)	DQO (mg/L)
1	4,54	18,30	845,00	1706,00	1310,00	0,01	0,20	5,00	0,01	3,07	5,00	0,00	0,00	0,00	0,27	2358,00	3092,00
2	2,90	18,50	941,00	1885,00	858,00	0,05	2,10	5,60	0,07	32,90	5,00	0,45	0,40	526,00	0,61	2370,00	1687,00
3	3,74	19,40	1219,00	2000,00	1450,00	0,05	1,30	31,00	0,03	43,20	8,00	0,00	0,00	0,00	0,86	1650,00	1785,50
4	5,97	17,00	544,00	1106,00	1825,00	0,00	0,00	7,50	0,01	56,70	6,00	0,50	0,01	0,00	0,72	1320,00	3780,00
5	6,48	21,09	196,00	404,00	844,00	0,00	0,00	1,90	0,00	10,10	0,00	0,38	0,36	0,00	0,62	1842,00	1884,00
6	5,53	20,40	308,00	633,00	950,00	0,00	0,00	3,60	0,01	2,78	5,50	0,00	0,00	0,00	0,25	2004,00	2781,00
7	4,01	19,00	1015,00	1990,00	855,00	0,03	2,10	5,40	0,11	15,50	6,00	0,12	0,43	0,00	0,35	1793,00	4872,00
8	3,89	18,60	569,00	1156,00	691,00	0,06	3,00	2,50	0,06	12,20	6,00	0,09	0,01	0,00	0,39	-	2298,00
9	3,89	17,20	529,00	1062,00	405,00	0,03	0,60	2,10	0,00	2,77	2,00	0,38	0,00	0,00	0,26	-	1868,00
10	4,68	18,60	74,00	157,00	77,00	0,09	0,60	0,18	0,07	4,92	2,00	0,18	0,11	0,00	0,29	-	401,00

Fuente: Datos experimentales. 2016

Base de datos del punto 2

BASE DE DATOS																	
ANALISIS FISICOS - QUIMICOS																	
PUNTO 2																	
DIAS	pH	Temp. (°C)	TDS (mg/L)	CD (us/cm)	Turb. (NTU)	Nitri. (mg/L)	Nitra (mg/L)	Nitrog. A. (mg/L)	Cromo (mg/L)	Fosf. (mg/L)	Sulf. (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cloro (mg/L)	cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)	Dur. T. (mg/L)	DQO (mg/L)
1	5,31	18,00	36,50	77,50	71,20	0,00	0,05	0,02	0,02	0,45	0,00	0,03	0,00	0,00	0,29	88,00	41,00
2	5,35	18,20	70,00	147,70	36,70	0,00	0,00	0,08	0,04	0,63	0,00	0,02	0,09	45,00	0,12	76,00	73,00
3	5,12	19,00	61,00	128,40	56,40	0,00	0,00	0,04	0,01	0,66	2,00	0,00	0,00	0,00	0,29	83,00	58,00
4	6,31	17,10	31,00	66,00	91,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,09	0,00	0,05	0,03	0,00	0,51	92,00	3,00
5	7,01	20,30	57,00	111,10	999,00	0,00	0,00	7,90	0,01	0,07	0,00	0,14	0,31	0,00	0,57	87,00	44,00
6	6,29	20,10	96,00	200,90	890,00	0,00	0,00	1,47	0,01	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	78,00	61,00
7	6,00	19,20	47,00	96,00	46,00	0,00	0,00	0,95	0,01	1,15	0,00	0,04	0,10	0,00	0,39	83,00	116,00
8	5,91	18,30	69,00	146,00	46,00	0,02	0,00	0,13	0,03	2,25	0,00	0,00	0,02	0,00	0,18	-	175,00
9	5,69	17,70	88,00	186,00	47,00	0,01	0,00	0,19	0,00	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	-	266,00
10	5,90	18,40	35,00	74,00	3,00	0,00	0,40	0,09	0,02	0,39	0,00	0,02	0,06	0,00	0,03	-	0,00

Fuente: Datos experimentales. 2016

Base de datos del punto 3

BASE DE DATOS																	
ANALISIS FISICOS - QUIMICOS																	
PUNTO 3																	
DIAS	pH	Temp. (°C)	TDS (mg/L)	CD (us/cm)	Turb. (NTU)	Nitri. (mg/L)	Nitra (mg/L)	Nitrog. A. (mg/L)	Cromo (mg/L)	Fosf. (mg/L)	Sulf. (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cloro (mg/L)	cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)	Dur. T. (mg/L)	DQO (mg/L)
1	5,64	17,90	26,90	57,30	120,00	0,01	0,10	0,02	0,01	0,17	0,00	0,05	0,00	0,00	0,15	64,00	41,00
2	6,27	18,20	28,80	61,10	9,90	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,00	0,03	0,03	23,00	0,08	74,00	20,00
3	5,86	19,10	31,00	67,00	57,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,34	61,00	10,00
4	6,09	17,10	27,00	57,00	84,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,07	0,00	0,06	0,03	0,00	0,57	69,00	1,00
5	6,80	21,00	27,00	57,00	352,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	0,00	1,55	65,00	0,00
6	5,84	23,70	38,00	81,00	2,50	0,00	0,10	0,01	0,00	0,77	0,00	0,03	0,02	28,00	0,17	71,00	1,00
7	6,55	18,90	27,00	57,00	58,00	0,00	0,00	0,20	0,02	0,17	0,00	0,05	0,02	0,00	0,51	61,00	21,00
8	6,22	18,20	33,00	70,00	38,00	0,00	0,00	0,50	0,21	0,36	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	-	53,00
9	6,04	16,50	39,00	81,50	27,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,84	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-	98,00
10	6,17	18,30	32,00	69,00	4,00	0,00	0,60	0,39	0,03	0,35	0,00	0,04	0,03	0,00	0,05	-	0,00

Fuente: Datos experimentales. 2016

ANEXO 4

FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DEL CONSUMO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS TUQUEREZ

Descripción	Unidades	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
pH	-	6,42	6,32	6,40	6,38
Temperatura	°C	24,25	18,10	21,35	21,23
Solidos Totales	mg/L	42,80	37,70	38,90	39,80
Conductividad	mg/L	90,80	80,10	83,20	84,70
Turbidez	NTU	0,55	2,05	1,55	1,38
Nitritos	mg/L	0,01	0,00	0,01	0,00
Nitratos	mg/L	0,03	40,40	0,02	13,48
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,04	0,02	0,01	0,02
Cromo	mg/L	0,01	0,02	0,01	0,01
Fosfatos	mg/L	0,20	0,50	0,40	0,37
Sulfatos	mg/L	5,00	80,00	45,00	43,33
Cobre	mg/L	0,01	0,19	0,09	0,10
Cloro	mg/L	0,03	0,03	0,05	0,04
Cloruro	mg/L	300,00	0,00	80,00	126,67
Hierro	mg/L	0,03	0,09	0,05	0,06
Dureza Total	mg/L	115,00	0,00	65,00	60,00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,00	2,00	1,00	1,33

Responsable:

Raúl Garzón

ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Planta de lácteos Tuquerez (vista frontal)



ACTIVIDADES QUE GENERAN EFLUENTES CONTAMINANTES



Recepción de la leche



Lavado de paredes de la planta



Lavado de mesas



Lavado de Marmitas

Tubería de desagüe del suero



Recepción de suero



Preparación del Desinfectante



PUNTOS DE MUESTREO



Descarga del efluente (Punto uno)

Contacto del efluente con el Rio San Camilo (Punto 2 y 3)



TOMA DE MUESTRAS Y TRASLADO



Materiales de muestreo



Recolección de muestras



Almacenamiento de las muestras



Transporte de las muestras

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO EN EL LABORATORIO DE AGUA Y SUELOS DE LA UEB.

Laboratorio de agua y suelos de la UEB



Medición de la muestra



**Preparación de reactivo
químicos**



Medición de parámetros



**Medición de parámetros físicos
usando nefelómetro**



**Medición de turbiedad
usando el turbidímetro**



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



Laboratorio de EMAPAG



Equipo de recolección

Recolección de la muestra



Transporte de las muestras



Prueba de la jarra en el laboratorio



ANEXO 5

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agua residual: Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica.

Carga contaminantes: Cantidad que aporta una descarga de agua residual, o que se encuentra presente en un cuerpo receptor.

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de una manantial o fuente.

Contaminación: Es la introducción de sustancias en un medio que provoca que no sea apto para su uso.

Efluente: Aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas o industrias.

Floculante: Sustancia que aglutina sólidos suspensión, provocando su precipitación.

Muestreador: Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas.

Muestreo: Selección de un conjunto de cosas que se considera representativos al que pertenecen, con la finalidad de estudiar o determinar las características.

Sedimento: Es un material sólidos acumulado sobre superficie terrestre.

Simulador de procesos: Es un programa de computador utilizado para modelar el comportamiento en estado estacionario de un proceso químico mediante la determinación de las presiones, temperaturas y velocidad del flujo.

Tratamiento de aguas: Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico.