



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y  
REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA  
DE LÁCTEOS OASIS”**

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**SAENZ ROLDAN LUIS FERNANDO**

Riobamba – Ecuador

2013

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi eterno agradecimiento a mi Padre Dios por regalarme el don de vivir y ser un mejor ser humano cada día, también por ser el mentor y guía espiritual en el desarrollo del presente proyecto.*

*A mis padres, hermanos y amigos que con su apoyo constante han sido pilares fundamentales en el deseo de superación y progreso.*

*A mi novia, que con su amor, y paciencia ha impulsado la culminación de este gran sueño cumplido.*

*A la Escuela de Ingeniería Química, a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial mi reconocimiento al Ing. César Avalos, a la Ing. María Fernanda Rivera, y a la Dra. Gina Álvarez por haberme brindado su colaboración en cuanto a conocimiento y criterio profesional, para mejorar el desarrollo de mí proyecto investigativo.*

*A la industria de lácteos "OASIS", por la apertura y apoyo incondicional durante el desarrollo del estudio.*

**Luys Fernando Sáenz Roldán.**

## ***DEDICATORIA***

*Dedico este trabajo a las personas más importantes de mi vida, mis padres Mario Fernando Sáenz y Mercedes Roldán, quienes con su amor, oraciones, ejemplo de superación y apoyo incondicional me ayudaron en la culminación de mi carrera.*

*A mis hermanos: Shuly, Henry, Karen quienes me han brindado su afecto y palabras de aliento en momentos difíciles.*

*A mi mejor amiga y novia: la Dra. Anyta Bonifaz, que con su amor y paciencia se convirtió en un puntal importante en la culminación de este gran sueño.*

*A los profesores y amigos que forman parte de mí vida, ya que con sus consejos y ayuda aportaron con su granito de arena para hoy poder culminar una etapa más de mi vida.*

***Luys Fernando Sáenz Roldán.***

**NOMBRE**

**FECHA**

**FIRMA**

Dr. Silvio Álvarez L.

.....

.....

**DECANO FAC. CIENCIAS**

Ing. Mario Villacrés A.

.....

.....

**DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA**

Ing. Cesar Avalos I.

.....

.....

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. María Fernanda Rivera

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Tec. Carlos Rodríguez

.....

.....

**DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN**

## **HOJA DE RESPONSABILIDAD**

*“Yo, **LUIS FERNANDO SAENZ ROLDAN** soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**”*

---

LUYS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
A <sub>l</sub>	Área de la sección transversal del flujo
An	Ancho
A <sub>s</sub>	Área superficial
A <sub>t</sub>	Área de la sección transversal del sedimentador
h <sub>l</sub>	Altura del canal hasta el nivel de agua
h	Altura
b	Base
C <sub>s</sub>	Carga superficial
cm	Centímetros
S	Concentración de DBO en el efluente
S <sub>0</sub>	Concentración de DBO en el afluente
Q	Caudal
n	Coefficiente de Manning
$\phi$	Diámetro
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO	Demanda Química de Oxígeno
$\rho$	Densidad del fluido
E	Eficiencia
$\beta$	Factor dependiente de la forma de la barra
G	Gradiente medio de velocidad
C	Grados centígrados
g	Gravedad
Km	Kilómetro
LAT	Laboratorio de Análisis Técnicos
Lg	Largo del sedimentador
m	Metros
dmax	Nivel máximo de agua
$\pi$	Pi
p	Presión
%	Porcentaje
hc	Pérdida de carga a través de una rejilla
pH	Potencial de hidrógeno

R	Radio hidráulico
SS	Sólidos Suspendidos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SAQMIC	Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
T	Temperatura
Tr	Tiempo de retención hidráulico
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
V	Volumen
Vc	Velocidad terminal
v	Velocidad
$\mu$	Viscosidad dinámica

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>v</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>vii</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>ix</b>
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. EL AGUA .....	1
1.2. CALIDAD DEL AGUA .....	1
1.3. AGUA RESIDUAL .....	2
1.4. CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA.....	5
1.5. AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA .....	9
1.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL QUESO .....	12
1.7. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN .....	14
1.8. CARACTERISTICAS FISICO, QUIMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.....	15
1.9. MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL.....	25
1.10. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA .....	28
1.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL .....	38
1.12. NORMATIVA AMBIENTAL .....	62
2. PARTE EXPERIMENTAL .....	66
2.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	66

2.2. CONSUMO DE AGUA.....	67
2.3. MUESTREO.....	69
2.4. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	72
2.5. DATOS EXPERIMENTALES.....	90
2.6. DETERMINACIÓN DE LAS DOSIFICACIONES POR EL TEST DE JARRAS.....	93
2.7. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	99
3. LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	101
3.1. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE LACTEOS OASIS.....	101
3.2. CAUDAL DE DISEÑO.....	101
3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL.....	104
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL.....	104
3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR.....	110
3.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA.....	112
3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIA.....	116
3.8. Resumen de los Equipos Diseñados.....	122
3.9. PROPUESTA.....	125
3.10. DISCUSIÓN.....	127
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
4.1. CONCLUSIONES.....	129
4.2. RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFIA.....	132
ANEXOS.....	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Agitador de paleta	26
Figura 2: Tanque de sedimentación primaria circular	30
Figura 3: Método del objeto flotante	31
Figura 4: Sección de canal	33
Figura 5: Rejillas de limpieza manual típica	34
Figura 6: Coeficiente de resistencia vs coeficiente de ancho entre la altura	44
Figura 7: Remoción de DBO y SST en tanque de sedimentación primaria	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos exigidos para el agua potable y para la utilizada en los procesos de las industrias lácteas	4
Tabla 2: Cantidad media de agua empleada en una industria láctea	6
Tabla 3: Descripción de los procesos que generan efluentes líquidos	7-8
Tabla 4: Volumen de aguas residuales generadas en función del proceso productivo	8
Tabla 5: Clasificación de las aguas residuales generadas en una industria láctea.	9
Tabla 6: Valoración cualitativa del vertido de aguas residuales en la industria láctea	9
Tabla: 7 Clasificación del agua por su dureza	17
Tabla 8: Cartelización Físico – químico	21
Tabla 9: Recomendaciones para el muestreo y prevención de muestras de acuerdo con las mediciones (SM 1060)	23
Tabla 10: Utilidad de las operaciones de pre-tratamiento	25
Tabla 11: Coagulantes más utilizados para tratar aguas residuales de la industria láctea	27
Tabla 12: Clasificación de los tipos de sedimentación	29
Tabla 13: Factor de correlación para el cálculo del caudal	32
Tabla 14: Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual	35
Tabla 15: Valores usuales de gradiente de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual	45
Tabla 17: Valores recomendados de la carga superficial	48

Tabla 18: Valores de las constantes empíricas a y b	51
Tabla 19: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	54
Tabla 20: Cronograma de trabajo diario en la producción de quesos en la planta de lácteos oasis	55
Tabla 21: Consumo de agua en la planta de lácteos “OASIS”	57
Tabla 22: Caudal del agua “Método del Objeto Flotante”	57
Tabla 23: Geo-referenciación de la Planta	58
Tabla 24: Cronograma de muestreo	60
Tabla 25: Recolección de muestras	63
Tabla 26: Determinación de la temperatura	64
Tabla 27: Determinación de pH	65
Tabla 28: Determinación de sólidos sedimentables	66
Tabla 29: Determinación de sólidos suspendidos totales	67
Tabla 30: Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)	68
Tabla 31: Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	69-70
Tabla 32: Determinación de aceites y grasas	71
Tabla 33: Determinación de coliformes fecales	72-73
Tabla 34: Determinación de coliformes totales	74-75
Tabla 35: Determinación del test de jarras	76

Tabla 36: Datos de los Análisis Físicos Químicos del agua residual	78
Tabla 37: Datos de los Análisis Microbiológicos del agua residual	79
Tabla 38: Dosificaciones de la cal para encontrar el pH óptimo de tratamiento	80
Tabla 39: Variación de la dosificación del coagulante	81
Tabla 40: Influencia del pH en la coagulación	82
Tabla 41: Prueba de sedimentación	84
Tabla 42: Análisis Físico-químico de agua después del tratamiento químico	85
Tabla 43: Resumen del dimensionamiento del canal	108
Tabla 44: Resumen del dimensionamiento de la rejilla	109
Tabla 45: Resumen del dimensionamiento del Homogenizador	109
Tabla 46: Resumen del dimensionamiento de la paleta	110
Tabla 47: Resumen del dimensionamiento del sedimentador	110
Tabla 48: Análisis de resultados	112

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico1: Variación de la dosis de cal	80
Grafico 2: Influencia del coagulante vs la turbidez	82
Grafico 3: Influencia del pH en la turbidez	83
Grafico 4: Influencia del pH en la formación de lodos	83
Grafico 5: Curva de sedimentación	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Instalaciones	123
Anexo 2. Muestreo	124
Anexo 3. Análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua residual	125
Anexo 4. Tratabilidad del agua residual	126
Anexo 5. Prueba de sedimentación	127
Anexo 6. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del agua residual	128
Anexo 7. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del agua residual	129

## RESUMEN

Con el afán de dar cumplimiento a la ley ambiental, la industria láctea OASIS ubicada en la parroquia de Quimiag, solicitó el diseño del sistema de tratamiento de agua residual, motivo del estudio.

Para el desarrollo de esta investigación se caracterizó las aguas residuales en base a los análisis; físicos, químicos y bacteriológicos, utilizando un muestreo compuesto que considera los diferentes procesos y caudales de la producción de quesos, los resultados del análisis establecen que el agua residual tiene un alto contenido de SST, DBO y DQO.

El tratamiento consiste en clarificar el agua en base a operaciones de tamizado, coagulación-floculación y sedimentación.

Los cálculos de ingeniería realizados para este sistema, establecen las siguientes variables de diseño: para un caudal de  $10 \text{ m}^3$  al día, se requiere un canal de  $0.04 \text{ m}^2$  de área, un sistema de rejillas de  $0.04 \text{ m}^2$  de limpieza manual para eliminar los residuos sólidos gruesos, un tanque homogenizador de  $4.492 \text{ m}^3$  para mezclar el agua y el floculante, y un tanque sedimentador de  $4.492 \text{ m}^3$  para la separación de lodos.

Con la implementación de este sistema de tratamiento se obtendrá una eficiencia promedio del 98%, en base a los siguientes parámetros de mayor incidencia; DBO con una reducción del 97.1%, DQO de 96.8%, SST de 92.6%, Grasas y Aceites del 99%.

Este sistema de tratamiento dimensionado para la tratabilidad del agua residual de esta empresa láctea, cumple la norma vigente del TULAS y garantizará agua para la reutilización principalmente en la agricultura.

## SUMMARY

With the desire of giving execution to the environmental law, the industry milky OASIS located in the parish of Quimiag, requested the design of the system of treatment of residual water, reason for this study.

For the development of this investigation it was characterized the waste waters based on the analyses, physical, chemical and bacteriological, using a compound sampling that considers the different processes and flows of the production of cheeses, the results of the analysis establishes that the residual water has a high content of TSS, DBO and DQO.

The treatment consists in clarifying the water based on operations of having sifted, clotting-flocculation and sedimentation.

The realized engineering calculations for this system, establish the following design variables: for a flow of 10 m<sup>3</sup> per day, a channel of area 0.04m<sup>2</sup>, a system of 0.04 m<sup>2</sup> manual cleaning is required to eliminate the thick solid residuals, a homogenizer tank of 4.492 m<sup>3</sup> to mix the water and the flocculant, and a sedimentor tank of 4,492 m<sup>3</sup> for the separation of mud.

With the implementation of this treatment system an efficiency average of 98% will be obtained, based on the following parameters of more incidence; DBO with a reduction of 97.1%, DQO 96.8%, TSS of 92.6%, fatty and oils 99%.

This treatment system sized for the treatability of the residual water of this milky company, completes the effective norm of the TULAS and it will guarantee water mainly for the reuse in the agriculture.

## INTRODUCCIÓN

El agua durante todo el inicio de la humanidad ha sido una fuente de vida y de desarrollo económico para el hombre. La sociedad ha dependido del agua como factor principal para su desarrollo y crecimiento industrial, aprovechando las propiedades y beneficios que esta genera.

Las políticas sobre el agua han tenido que cambiar según ha ido aumentando la demanda de este líquido vital para la humanidad y ha sido necesario mitigar los impactos negativos que esta sufre por la mala disposición final.

El agua es un recurso no renovable que la industria láctea por años ha utilizado, causando una gran contaminación, la producción de quesos, mantequilla, leche pasteurizada, yogurt, entre otros productos, generan una cantidad de residuos con elevado contenido de materia orgánica que los convierte en un potencial contaminante para los sitios en donde serán evacuados. Estos residuos además contienen sustancias altamente corrosivas utilizadas en las actividades de limpieza, agudizando más el problema de contaminación, sin mencionar por otro lado el elevado volumen de agua que se requiere en esta industria.

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 la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO entre

2000 – 4000 mg/L y una DBO entre 2000 – 3000 mg/L. El consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8,0 – 35 L/kg de leche procesada.

Los tratamientos aplicados a las aguas de residuos son alternativas válidas para devolver al ambiente un agua menos agresiva. La depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que, los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural. Es compromiso de toda la sociedad en especial de aquellos que se encuentran relacionados con la industria láctea de encontrar soluciones adecuadas e inmediatas para evitar la contaminación de las aguas fuera de la misma.

## ANTECEDENTES

La mágica provincia de Chimborazo se encuentra situada en el Centro del país, región Andina, llamada así por la ubicación del imponente nevado Chimborazo que es el más grande del Ecuador con una altura de 6310 metros sobre el nivel del mar. La provincia cuenta con un sin número de plantas de lácteos que se han ubicado estratégicamente en las comunidades aledañas a las ciudades más importantes de la provincia a finales del siglo 20, por la facilidad de recolección de la materia prima, el transporte del producto final a sus diferentes puntos de venta y el poco control que existe para estas empresas de parte de las entidades encargadas.

La comunidad de Guzo Libre está ubicada en la parroquia Quimiag, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador, basa su actividad económica en la agricultura y la ganadería. Encontrándose en esta comunidad la planta de Lácteos OASIS, perteneciente a la Sra. Inés Guamán, que se encuentra en funcionamiento desde el año 2003. Cuenta con equipos de pasteurización para la producción de leche entera, quesos y yogur, la materia prima es obtenida de ganaderías de la localidad.

La planta láctea genera recursos, con la elaboración y comercialización de productos lácteos: como leche pasteurizada, queso fresco y yogurt natural, siendo sus consumidores potenciales las ciudades de Riobamba y Guayaquil.

La aplicación del tratamiento de aguas residuales representa un factor muy importante para la planta de lácteos OASIS, pues brindará varios beneficios entre ellos la reutilización del agua y la aplicación de buenas prácticas de manufactura, que resultaría más económica, disminuiría la contaminación, y contribuirá a la recuperación de su vegetación circundante.

En la actualidad en la Planta de Lácteos OASIS no existen estudios previos sobre un diseño de tratamiento de aguas residuales, pero en la Escuela de Ing. Química de la Facultad de Ciencias de ESPOCH, hay estudios acerca del tema a tratar como: Diseño de los sistemas de tratamiento de las aguas de entrada y salida de la industria láctea EL CEBADENITO, realizada por Milton Olmedo Acan Lluquay.

## JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó en la industria de lácteos OASIS, que procesa alrededor de 3250 a 3350 litros de leche por día, del 92% es destinado a la producción de queso, el 5% a la pasteurización, y un 3% a la producción de yogur, generando un consumo de agua de alrededor de 9720 litros por día.

El poco interés por parte de los propietarios y de las autoridades de la localidad ha generado la contaminación de las fuentes de agua dulce circundante, los problemas ambientales asociados al sector lácteo tienen relación básicamente con los residuos líquidos.

Los residuos sólidos generados en el proceso productivo pueden en la mayoría de los casos ser reciclados hacia otros sectores industriales; mientras que los residuos líquidos en la planta de tratamiento no son dispuestos para un pre-tratamiento al contrario se descarga directamente a efluentes de agua natural.

Los efluentes generados en esta industria de lácteos se caracterizan por un contenido medio de DBO5 y por una carga moderada de sólidos suspendidos de aceites y grasas.

El origen de los residuos líquidos de la planta de lácteos depende de cada proceso, entre estos tenemos:

- Aguas de enfriamiento y condensación, la mayoría son aguas limpias,
- Aguas de proceso contaminadas por la leche o por algunos de sus componentes,
- Residuos producto del lavado, perdidas, purificación.

Estos efluentes al no ser tratados, producen una gran contaminación al ambiente, y por ende a los seres vivos, también ocasionan pérdidas en la planta, ya que el agua que se desperdicia, puede ser tratada y reutilizada en otros procesos.

La Planta de Lácteos OASIS no cuenta con estudios previos para el manejo de los efluentes, por esto surge la necesidad de diseñar un sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la Planta de Lácteos OASIS, y así poder minimizar residuos y emisiones nocivas para el medio ambiente generando en la empresa una producción más limpia.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar un Sistema de Tratamiento y Reutilización del Agua Residual en la Planta de Lácteos Oasis.

### **ESPECIFICOS**

- Caracterizar el agua residual generada en la planta mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Determinar las variables óptimas para diseñar el sistema de tratamiento, basado en los cálculos experimentales, y de la caracterización del agua.
- Dimensionar los equipos que formaran parte del sistema de tratamiento y reutilización.
- Caracterizar el agua de la planta al final del tratamiento, mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

# CAPÍTULO I

# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. EL AGUA**

“El agua en su forma molecular pura no existe en la naturaleza, por cuanto contiene sustancias que pueden estar en suspensión según el tamaño de disgregación del material que esta acarrea, de acuerdo con el tipo de impurezas presentes, el agua puede aparecer como turbia, coloreada, o ambas.

El agua es necesaria en todas las etapas de procesamiento y en especial para el funcionamiento de todas las industrias alimentarias. De esta manera se puede establecer que el agua es un recurso fundamental en la mayoría de las industrias lácteas.

Las industrias lácteas consumen grandes cantidades de agua para usos diversos, como en los tratamientos de lavado de los equipos. La cantidad utilizada varía de una industria a otra dependiendo de los métodos de limpieza que se utilice y del agua que se utiliza en producción.

Las fuentes de agua se agotan y contaminan, haciendo necesario un enfoque integral orientado a la mejora continua de disminuir la contaminación ambiental, gastos, mejoras en producciones y relaciones internas y externas de la empresa.”<sup>1</sup>

## **1.2. CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal.

---

<sup>1</sup>AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., Calidad y Tratamiento del Agua., 1.a.ed., Barcelona – España., Editorial McGraw-Hill., 2002., PP. 3.

Las características hidrológicas son importantes ya que indica el origen, la cantidad, el tiempo de permanencia del agua, entre otros. Estas condiciones tienen relevancia ya que según los tipos de substratos por los que viaje el agua, esta se carga de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato.

El agua utilizada para la fabricación de productos lácteos debe ser de la más alta calidad, superando los requisitos de un agua potable normal, debe ser por lo tanto, completamente clara, sin olor, color ni sabor, blanda y estéril. Su ablandamiento, (reducción del contenido en calcio y magnesio), y la cloración (eliminación del cloro como desinfectante por filtración a través de carbón activado), son necesarios para obtener agua de excelente calidad, que cumpla los requisitos exigidos para ser utilizada en los procesos de las industrias lácteas.

### **1.3. AGUA RESIDUAL**

#### **1.3.1. Definición, origen**

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado o canales de recepción que las conducirá hacia un destino apropiado.

Según su origen las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de la industria y de actividades agrícolas,

así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Así de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificados como:

- Domésticas: son aquellas aguas utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, cocinas, lavanderías, etc). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de las descargas de las instalaciones hidráulicas de la edificación y también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.
- Industriales: son residuos líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Pluviales: son aguas lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y el resto escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Otra forma de denominar a las aguas residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, se conocen como:

- Aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- Aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

- Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y la mayoría de ellos tienen efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

### 1.3.2. Apariencia

El agua residual tiene una apariencia desagradable y en extremo peligrosa, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos (virus, bacterias) causantes de enfermedades.

El residuo fresco tiene tonalidad grisácea, mientras que en el residuo séptico el color cambia gradualmente de gris a negro. El color negro caracteriza también el residuo de descomposición parcial.

Las aguas residuales pueden, sin embargo, presentar cualquier color, en los casos de contribución de residuos industriales como, por ejemplo, los de la industria láctea, que vienen a ser de color crema.

**Tabla 1: Requisitos exigidos para el agua potable y para la utilizada en los procesos de las industrias lácteas.**

<b>Especificaciones del agua</b>	<b>Agua Potable</b>	<b>Agua para productos lácteos</b>
Bacterias coliformes ufc/100ml	<1	0
Bacterias de gelatina/ml	<100	0
Sedimento, ml/l	No	No
Turbidez	No	No
Olor	No	No

Gusto	No	No
Intensidad de color	<20	<10
Materia seca, ml/l	<500	<500
Consumo de permanganato, mg/l	<20	<10
Amonio, ml/l	<0.5	-
Calcio + Manganeso, ml/l	< 100	< 100
Dureza total como CaCO <sub>3</sub> ,ml/l	---	< 100
Hierro, mg/l	< 0.2	< 0.1
Manganeso, mg/l	---	< 0.05
Cobre, mg/l	0	0
Aluminio, mg/l	< 0.1	< 0.1
Zinc, mg/l	0	0
Bicarbonatos, mg/l	---	< 80
Cloruros, mg/l	< 100	---
Nitratos, mg/l	< 30	---
Nitritos, mg/l	< 0.2	---
Fluoruros, mg/l	1	1
Exceso de cloro, mg/l	---	0
Materia toxica	No	No
pH	7-8.5	7-8.5

**Fuente:** Manual de industrias lácteas

#### **1.4. CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA**

“Como en la mayoría de las empresas del sector agroalimentario, las industrias lácteas consumen diariamente grandes cantidades de agua en sus procesos y, especialmente, para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas.

El agua de consumo empleada en una central lechera puede clasificarse en varios tipos, según su uso:

- Agua industrial empleada en la limpieza y aclarado de los equipos e instalaciones.
- Agua de refrigeración.
- Agua de empuje.
- Agua de servicios de la industria láctea.

Dependiendo del tipo de instalación, el sistema de limpieza y manejo del mismo la cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada.

Este consumo suele encontrarse entre 1,3-3,2 L de agua/kg de leche recibida, pudiéndose alcanzar valores tan elevados como 10 L de agua/kg de leche recibida. Sin embargo, es posible optimizar este consumo hasta valores de 0,8-1,0 L de agua/kg leche recibida utilizando equipamientos avanzados y un manejo adecuado (UNEP, 2000).

El mayor consumo de agua se produce en las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, donde se consume entre el 25-40% del total.

La cantidad de agua necesaria para el tratamiento de un litro de leche varía entre 1-10L. Puede ser menor de un litro en actividades muy automatizadas donde se trabaja en continuo.”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCION LIMPIA, plan de acción para el Mediterráneo. Prevención de la contaminación en la industria Láctea. Barcelona – España. 2002.

**Tabla 2: Cantidad media de agua empleada en una industria láctea**

<b>Tipo</b>	<b>Volumen total L/L leche</b>	<b>Agua industrial L/L Leche</b>
<b>Leche en polvo</b>	7-9	2 – 5
<b>Mantequería y leche en polvo</b>	7-9	2,1 - 2,5
<b>Mantequería</b>	2-4	1 – 3
<b>Quesería</b>	3-10	2 – 4
<b>Leche de consumo y fabricas polivalentes</b>	7-9	2,5 – 6
<b>Aguas de servicio</b>	330 L/persona/día	

**Fuente:** Manual de industrias lácteas

Se estima que las fluctuaciones estacionales del volumen de leche tratada pueden llegar, generalmente, al 30 por 100 del valor medio produciéndose al máximo en verano y el mínimo alrededor del mes de diciembre. La variación en la cantidad de los vertidos será por tanto del mismo orden.

En las centrales de tratamiento y envasado de leche los flujos suelen producirse de manera intermitente a lo largo de la jornada de trabajo, sobre todo al final de las operaciones de tratamiento, en el momento del lavado de máquinas, tuberías, recipientes, etc.

#### **1.4.1. Procesos generadores de efluentes líquidos en la industria láctea**

Los procesos más importantes que generan efluentes residuales en la industria láctea se detallan en la siguiente tabla de contenido.

**Tabla 3: Descripción de los procesos que generan efluentes líquidos**

ORIGEN	DESCRIPCION
Recepción de la leche	La limpieza de los silos de almacenamiento genera residuos que contiene gran cantidad de grasa que es provocado por el desnatado parcial de la leche, la cual es difícil emulsionar.
Estandarización de la leche	En este proceso se suelen producir efluentes con alto contenido en materia grasa. Se lo realiza mediante el uso de desnatadoras centrífugas.
Tratamiento térmico	En los tratamientos térmicos se suelen producir depósitos de proteínas que quedan adheridos a las superficies de los intercambiadores de calor y que posteriormente deben ser arrastrados por las limpiezas químicas.
Producción de queso	<p>Los efluentes que más contaminación provocan si no tienen un aprovechamiento posterior son los sueros, los cuales contienen gran cantidad de lactosa y las proteínas del suero lácteo. Es aconsejable que estos sueros no sean vertidos de forma directa al cauce o a la depuradora, pues provocarían un enorme incremento de la DBO5.</p> <p>El proceso de salado también provoca la emisión de efluentes líquidos, aunque en este caso con escasa materia orgánica y gran cantidad de sales.</p>
Transpone de los productos lácteos	Cuando en un circuito se ha terminado de enviar un producto, se produce manual o automáticamente un empuje con agua para la eliminación de los

líquidos.	restos de dicho producto, con lo cual se crea una pequeña zona de mezcla agua-producto.
Limpieza de circuitos y equipos.	<p>Empuje de los restos de leche y productos lácteos con agua.</p> <p>Lavado con sosa diluida (2-3% aproximadamente) a unos 80 °C. De esta forma se eliminan las grasas por saponificación de las mismas mediante arrastre.</p> <p>Lavado con ácido, normalmente ácido nítrico al 1-2%, a 60 °C, que disuelve la materia orgánica principalmente de origen proteico.</p> <p>Empuje final con agua para eliminar todos los posibles restos de producto, de ácido o de sosa.</p> <p>El uso de ácido y sosa provoca que los vertidos tengan valores de pH muy extremos, que pueden oscilar desde 5 hasta 10.5. En ocasiones también se emplean detergentes y desinfectantes para determinados circuito y locales (ácido paracético, agua oxigenada, sales de amonio cuaternario, etc.).</p>

**Fuente:** Manual de industrias lácteas

### **1.5. AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA**

El problema ambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga de contaminantes asociadas, fundamentalmente a la contaminación orgánica. En cuanto al volumen de aguas residuales generado por una empresa láctea se pueden encontrar valores que oscilan entre 2 y 6 L de agua/L leche procesada.

**Tabla 4: Volumen de aguas residuales generadas en función del proceso productivo**

Actividad principal	Volumen de aguas Residuales*
Fabricación de mantequilla	1-3
Fabricación de queso	2-4
Obtención de leche de consumo (consumo y Esterilización)	2,5-9

\* Expresado en L de aguas residuales/L de leche

**Fuente:** CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCION LIMPIA, plan de acción para el Mediterráneo. Prevención de la contaminación en la industria láctea. Barcelona - España.2002.

Estas aguas residuales se pueden clasificar en función de los focos de generación: Procesos, limpieza y refrigeración.

**Tabla 5: Clasificación de las aguas residuales generadas en una industria láctea.**

ORIGEN	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	VOLUMEN*
Limpieza y proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos.</li> <li>- Perdidas de producto, lactosuero, salmuera, fermentos, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), aceites y grasas, sólidos</li> </ul>	0.8 – 1.5
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua de las torres de refrigeración, condensados ,etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variaciones de temperatura, conductividad</li> </ul>	2 - 4

\*Volumen expresado en L de aguas residuales / L de leche procesada (Fuente: E Spreer, 1991).

**Fuente:** CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCION LIMPIA, plan de acción para el Mediterráneo. Prevención de la contaminación en la industria Láctea. Barcelona – España. 2002.

**Tabla 6: Valoración cualitativa del vertido de aguas residuales en la industria láctea**

<b>Proceso Productivo</b>	<b>Nivel de Vertido</b>	<b>Operaciones con mayor generación de aguas residuales</b>	<b>Observaciones</b>
Leche	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento térmico</li> <li>- Envasado</li> </ul>	El vertido disminuye si recirculan las aguas del tratamiento térmico.
Nata y mantequilla	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasteurización</li> <li>- Batido – Amasado</li> <li>- Envasado</li> </ul>	Las aguas de lavado de la cuajada tienen un alto contenido en grasa
Yogur	Bajo	-----	Principalmente de operaciones auxiliares
Queso	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte –Desuerado</li> <li>- Moldeo – Prensado</li> <li>- Salado</li> </ul>	<p>El vertido del lactosuero supone volumen y carga de contaminantes elevados.</p> <p>La generación de las salmueras supone un vertido periódico de elevada conductividad</p>
Operaciones auxiliares	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza y desinfección</li> <li>- Refrigeración</li> </ul>	<p>Los volúmenes y carga contaminante de las aguas de limpieza dependen de la gestión de las mismas.</p> <p>El vertido de las aguas de refrigeración depende del grado de su recirculación.</p>

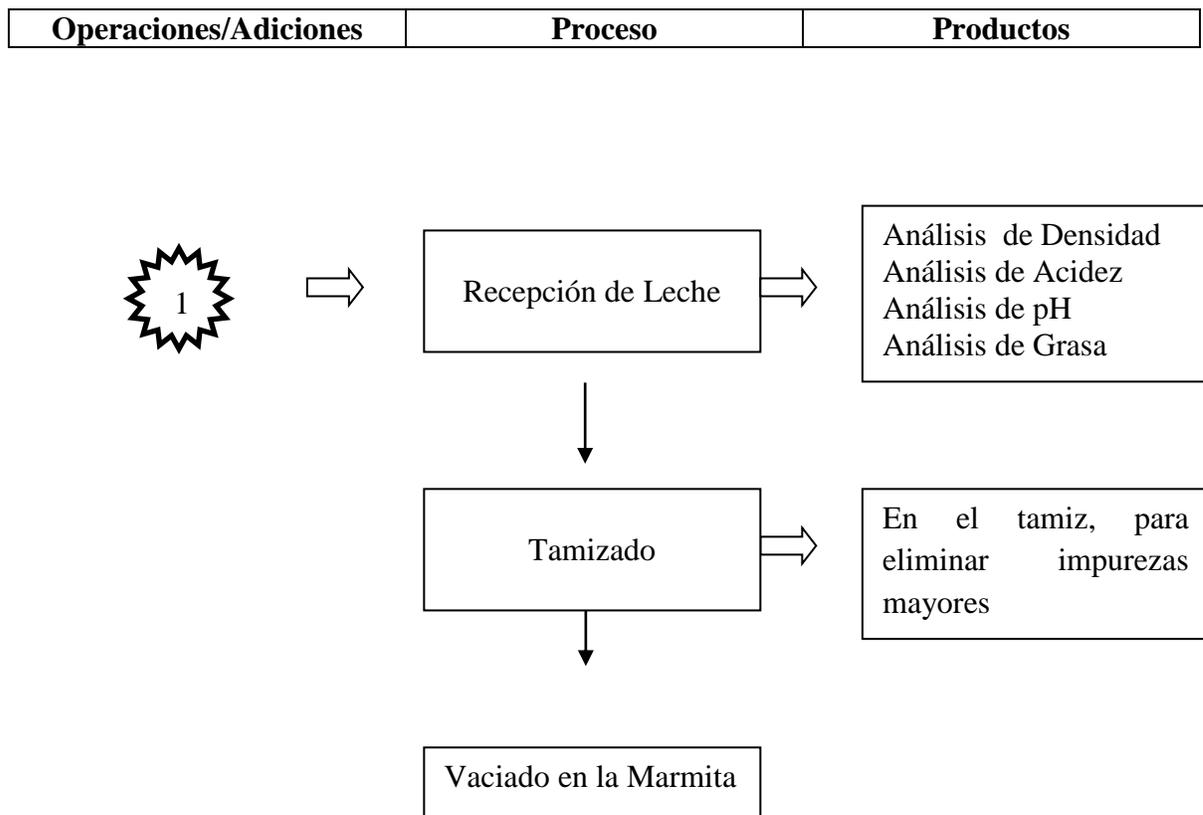
**Fuente:** Manual de industrias lácteas

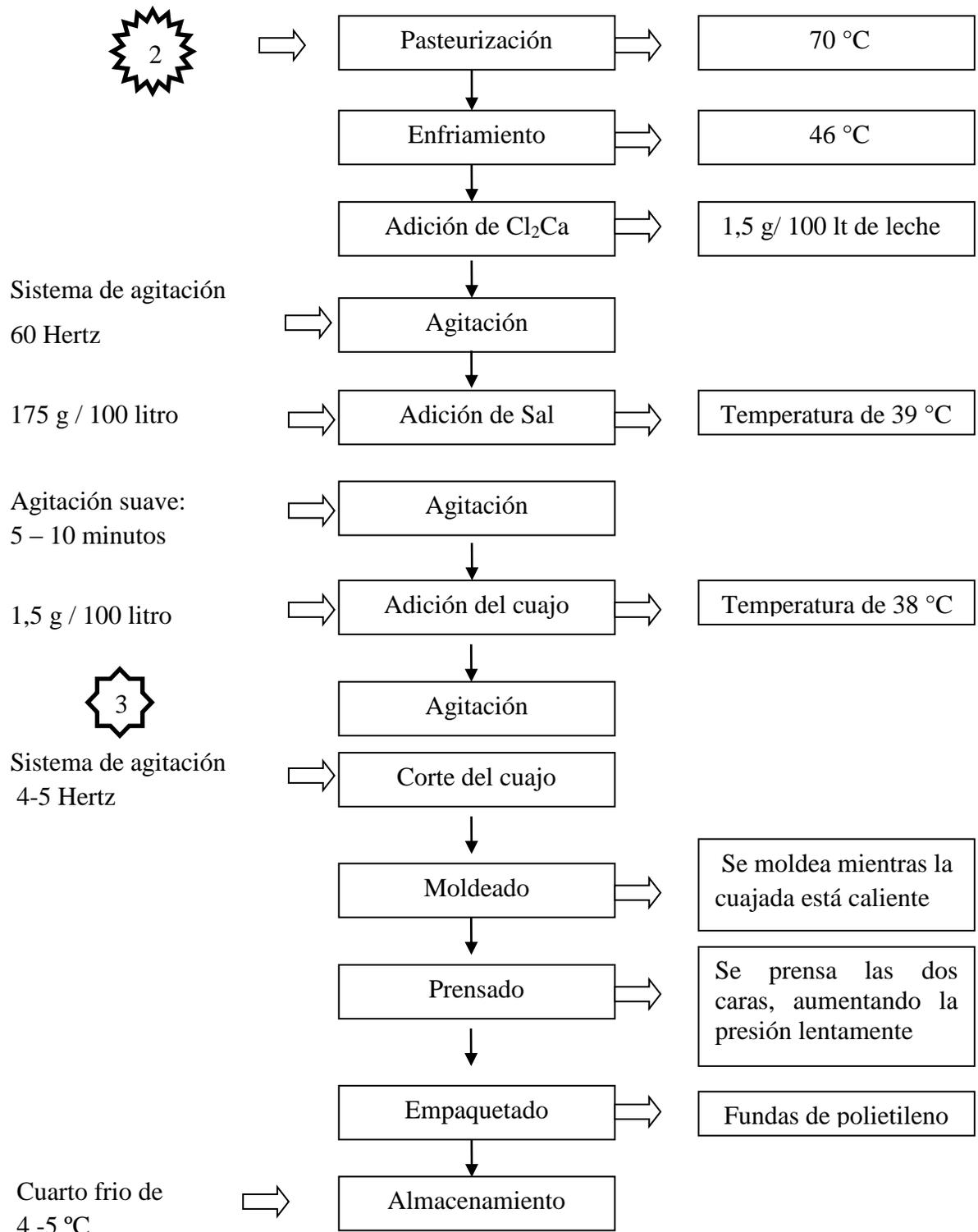
## 1.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL QUESO

El queso es un producto que se elabora con leche entera, nata, leche desnatada, mazada o con mezclas de estos productos. De forma general, el queso se produce por coagulación de las proteínas de la leche, a partir de fermentos lácteos y/o cuajo. El proceso se puede favorecer añadiéndose enzimas, acidificando y/o calentando.

Antes de comenzar con las operaciones de elaboración de queso, la leche debe ser tratada y preparada para acondicionar sus características físicas, químicas y biológicas (filtración, clarificación, normalización) al producto final que se quiere obtener.

### Ilustración 1: DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ELABORACION DE QUESO





## **1.7. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN**

Debido a las características de la materia prima empleada y a los productos fabricados, las condiciones higiénicas de los equipos e instalaciones de la empresa láctea deben garantizar la calidad de los productos elaborados.

El mantenimiento de las condiciones higiénicas en la empresa láctea exigen llevar a cabo operaciones de limpieza y desinfección de forma continua. Estas operaciones suponen la mayor parte de consumo de agua energía y productos químicos, así como un considerable volumen de aguas residuales.

Por limpieza se entiende la eliminación total de los restos de la leche o componentes de la misma y otras suciedades visibles. Mientras que mediante desinfección se pretende eliminar todos los microorganismos patógenos y la mayoría de los no patógenos que afectarían a la calidad del producto. La limpieza y la desinfección son dos operaciones que suelen realizarse sucesivamente en el tiempo, primero limpieza y luego desinfección.

Los medios de limpieza se pueden clasificar en mecánicos o físicos (presión, temperatura, cepillos, esponjas y escobas) y químicos (productos ácidos y básicos). Normalmente se utilizan de manera conjunta en la limpieza de equipos e instalaciones.

### **1.7.1. Métodos físicos**

Los medios físicos se emplean para arrastrar de forma mecánica la suciedad. La utilización de cepillos, esponjas, etc. supone un método barato, aunque tiene el inconveniente de necesitar una limpieza adecuada para no convertirse en una fuente de contaminación. La

utilización de agua a presión presenta algunas ventajas frente a los sistemas sin presión ya que al aumentar la energía del impacto, el poder de arrastre de los sólidos es mayor y además supone un menor consumo de agua.

La acción de la temperatura consiste en aplicar calor mediante agua caliente, vapor o aire caliente, a las superficies que se quieren desinfectar.

### **1.7.2. Métodos químicos**

Los métodos químicos se basan en la utilización de productos químicos, que en la mayoría de los casos se aplican en forma de disoluciones acuosas de carácter ácido y básico. Los detergentes alcalinos provocan la emulsión de las grasas, lo que las hace fácilmente arrastrables, mientras que los productos ácidos disuelven y eliminan las incrustaciones formadas por acumulación de las sales de la leche y del agua.

La mayor parte de los desinfectantes químicos contienen como compuesto químico, sustancias alcalinas, cloro, y oxígeno.

## **1.8. CARACTERISTICAS FISICO, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LACTEA**

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química, y microbiológica, muchos de los parámetros están relacionados entre sí, ya que una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

### **1.8.1. Componentes Físicos**

#### **♣ Temperatura**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, es menor que la temperatura del aire en verano y mayor en invierno. Es un parámetro importante por su influencia en el desarrollo de la vida acuática, en las reacciones químicas y su velocidad de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Temperaturas elevadas pueden dar origen a la proliferación de hongos y bacterias.

En relación con los procesos de tratamiento, su influencia se presenta en las operaciones de naturaleza biológica, pues la velocidad de descomposición de las aguas residuales se incrementa con el aumento de temperatura y en las operaciones donde ocurre el fenómeno de la sedimentación, el aumento de la temperatura hace que disminuya la viscosidad, y mejorando las condiciones de este fenómeno, también disminuye la capacidad de absorción de gases.

#### **♣ Color**

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, en general en el agua subterránea esta originado por materiales orgánicos de formaciones carbonosas. El agua pura en gran espesor es azulada y con presencia de Fe puede tomar color rojizo y negro con Mn. El color puede indicar contaminación orgánica y es desagradable en el agua de bebida.

#### ♣ Sabor

El sabor del agua es una determinación organoléptica subjetiva, de interés en el agua potable. Las aguas con más de 300ppm de Cl<sup>-</sup> tienen gusto salado, las que tienen mucho CO<sub>2</sub> libre tienen gusto picante y con más de 400 ppm de sulfatos tienen gusto salado y amargo.

#### ♣ Olor

Los olores desagradables en el agua están asociados a microorganismos vivos, residuos vegetales, sustancias orgánicas y sustancias minerales.

Son debido a gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, el agua residual reciente tiene un olor desagradable pero más tolerable que el agua residual séptica (debido al sulfuro de hidrógeno resultante de la reducción de sulfatos a sulfuros por microorganismos anaerobios).

#### ♣ Turbidez

Se atribuyen a material en suspensión y en estado coloidal que impide la penetración de la luz, la turbidez puede ser ocasionada por microorganismos o por sustancias minerales que incluyen compuestos de zinc, hierro o manganeso.

#### ♣ Densidad

La densidad de un agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en Kg/m<sup>3</sup>. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella

depende, la potencial formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación. También se puede emplear el peso específico.

## **1.8.2. Características químicas**

### **1.8.2.1. MATERIA INORGANICA**

Comprenden nutrientes como amoníaco, nitritos, nitratos, fosforo, los mismos que han sido identificados como los causantes del crecimiento indeseable de plantas acuáticas.

#### **♣ Ph**

Es un parámetro de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales, el intervalo de concentraciones adecuado para la proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico, el agua residual con concentraciones de ion hidrogeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrogeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

Pruebas como el pH, alcalinidad, cloruros, sulfatos son realizados para estimar la capacidad de reutilización de las aguas residuales tratadas, las pruebas de metales y otros constituyentes se realizan para estimar la capacidad de digestión del biosolido (lodos).

En las aguas residuales se encuentran varios tipos de gases como son: el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrogeno, el amoníaco o el metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas que están en contacto con la atmosfera. Los tres

últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

#### ♣ Alcalinidad

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrogeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas ( $\text{OH}^-$ ). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de un agua.

En la coagulación química del agua, las sustancias usadas como coagulantes reaccionan para formar precipitados hidróxidos insolubles, para que ocurra una coagulación completa y efectiva es necesario un exceso de alcalinidad.

En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos:

- Bicarbonatos
- Carbonatos
- Hidróxidos

La alcalinidad del agua se determina por titulación con ácido sulfúrico 0,02 N y se expresa como mg/l de carbonato de calcio, equivalente a la alcalinidad determinada. Los iones  $\text{H}^+$  procedentes de la solución 0,02 N de  $\text{H}_2\text{O}_4$  neutralizan los iones  $\text{OH}^-$  libres y los disociados por concepto de la hidrolisis de carbonatos y bicarbonatos.

#### ♣ Acidez

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. Las aguas excesivamente ácidas atacan los dientes.

La determinación de la acidez es importancia sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como al costo que se supone en la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión. El factor de corrosión en la mayor parte de las aguas es el CO<sub>2</sub>, especialmente cuando está acompañado de oxígeno, pero en los residuos industriales es la acidez mineral. El contenido de CO<sub>2</sub> es, también, un factor fundamental para la estimación de la dosis de cal y de soda en el ablandamiento de las aguas duras. En aguas naturales, la acidez puede ser producida por el CO<sub>2</sub>; por la presencia de iones H<sup>+</sup> libres; por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrólisis de sales de ácido fuerte y débil.

#### ♣ Dureza

Como las aguas duras se consideran aquellas que requieren grandes cantidades de jabón para generar espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas, y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse así:

**Tabla: 7 Clasificación del agua por su dureza**

<b>Rangos expresados en mg/l como CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Clasificación</b>
0 - 75 mg/l	Blanda
75 - 150 mg/l	Moderadamente dura
150 - 300mg/l	Dura
>300 mg/l	Muy dura

**Fuente:** Calidad del agua., 2002., primera edición., pág. 94

### **1.8.2.2. MATERIA ORGANICA**

Cerca del 75% de lo sólidos en suspensión y el 40% de lo solidos filtrables de un agua residual son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos se forman por combinaciones de carbono, hidrogeno, oxígeno en presencia de nitrógeno y en pocos casos pueden también estar presentes en azufre, fosforo y hierro.

Los componentes orgánicos constituyen las proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), la urea como principal componente de la orina se encuentra en aguas residuales frescas.

- **MEDICIÓN DEL CONTENIDO ORGANICO**

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), y carbono orgánico total (COT).

### ♣ DBO

Es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C, se supone que la DBO es una reacción de primer orden, en una reacción de orden 1, la velocidad de oxidación es proporcional a la concentración presente de materia orgánica oxidable.

Los resultados de la DBO se emplean para: determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, para dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a la que están los vertidos.

Una vez formada una población adecuada de microorganismos, la velocidad de reacción está controlada por la cantidad de alimento disponible.

### ♣ DQO

De modo similar la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de bicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua.

El valor de la DQO es siempre superior a la DBO porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

El DQO es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por una cantidad de agua residual durante la oxidación “por vía química” provocada por un agente químico fuertemente oxidante. Su determinación es más rápida de que la DBO, precisando su ensayo 1 o 2 horas si la oxidación se efectúa en frío o, bien 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato en caliente.

#### ♣ SÓLIDOS TOTALES

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de un periodo de 60 minutos.

Los sólidos totales pueden dividirse en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión). Cada una de estas categorías puede ser, a su vez, dividida en función de su volatilidad a 550±50°C. A esta temperatura la fracción orgánica se oxida y desaparece en forma de gas (sólidos volátiles), quedando la fracción inorgánica en forma de cenizas (sólidos fijos).

#### ♣ GRASAS Y ACEITES

“En aguas residuales los aceites, las grasas son los principales lípidos de importancia, estos compuestos sirven como alimentos para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes.

Las grasas y los aceites son muy complicados de transportar en las tuberías de alcantarillado, reducen la capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar biológicamente y generalmente se requiere su remoción en plantas de pre tratamiento. Las grasas y los aceites pueden constituir un problema serio de solución en mataderos, frigoríficos, industrias empacadoras de carne, fábricas de aceite de cocina y margarina, restaurantes, estaciones de servicio automotor e industrias de distinta índole. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad del pre tratamiento, la eficiencia de los procesos de remoción y el grado de solución por este compuesto. En general, su concentración para descargar sobre el sistema de alcantarillado se limita a menos de 200 mg/l.”<sup>3</sup>

### **1.8.3. CARACTERISTICAS BIOLOGICAS**

“El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua, el ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas con la cloaca son potencialmente peligrosas. Por consiguiente, el control sanitario del agua se hace con métodos bacteriológicos para determinar la presencia de contaminación fecal. El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos: la estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total en placa y la determinación, más significativa, de la presencia o ausencia de miembros del grupo coliforme.”<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> **ROMERO, J.**, Calidad del agua., 3.a.ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 155 –156.

<sup>4</sup> **ROMERO, J.**, Calidad del agua., 3.a.ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 171.

Los procesos de coagulación-floculación-sedimentación son altamente eficientes para la remoción de bacterias vegetativas, la remoción de bacterias es directamente proporcional a la remoción de turbiedad y se puede lograr remociones de hasta 99.7% cuando se obtiene una eficiencia muy alta en el proceso de coagulación y sedimentación.

## 1.9. MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL

### 1.9.1. Muestreo de caracterización Físico – Químico

**Tabla 8: Cartelización Físico - químico**

TIPO	CARACTERISTICA	USO	VOLUMEN ( L )
Muestra simple	Nos da las características del agua en el momento en que la muestra es tomada.	Caudal de agua residual y su composición es relativamente constante	El volumen mínimo 1- 2 litros
Muestra compuesta	Proporciona las características al final de la jornada laboral	Flujo de agua residual es intermitente, y cuando las muestras pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura).	Formadas por mezcla de muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que la muestra fue tomada

**Fuente:** VALDEZ., E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales., México., Fundación ICA, AC., 2003., Unidad.1.73.

La frecuencia del muestreo depende de la variabilidad del caudal y la carga contaminante. Para pequeñas variaciones las muestras sólo hace falta que se tomen a intervalos entre 2 y 24 horas. Sin embargo, para grandes variaciones puede requerirse tomar muestras hasta cada 15 minutos. Las alícuotas individuales de la muestra compuesta deben tener entre 25 y 100 ml y el volumen compuesto debe tener entre 2 y 4 litros.

$$\frac{V}{nQ_m} = \frac{V_i}{Q_i}$$

$$\therefore V_i = \left( \frac{V}{nQ_m} \right) Q_i$$

El volumen de muestra requerida por unidad de caudal será:

$$\frac{V_i}{Q_i} = \frac{V}{nQ_m}$$

**Ecuación 1**

Dónde:

V = Volumen Total de la muestra compuesta

V<sub>i</sub> = Volumen de cada muestra individual i de la muestra compuesta

Q<sub>m</sub> = Caudal medio

Q<sub>i</sub> = Caudal instantáneo en el momento en que la muestra i es tomada

n = el número de muestras que deben ser mezcladas

### 1.9.2. Muestreo de caracterización Bacteriológica

“La muestra para examen bacteriológico debe ser representativa y examinarse en el menor tiempo posible; debe tomarse en frasco de vidrio previamente esterilizado, al igual que el orificio o grifo de donde se toma la muestra.

En muestras provenientes de aguas tratadas con cloro, debe adicionarse suficiente tiosulfato de sodio a la botella de muestreo para neutralizar el cloro residual y prevenir su acción durante el tiempo transcurrido entre la recolección y su análisis.”<sup>5</sup>

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35°C o (37°C).

Se recomienda los siguientes criterios de calidad bacteriológica; en aguas para uso agrícola con restricciones, el conteo promedio de coliformes fecales debe ser menor a 5000/100ml; en aguas para riego la concentración de coliformes fecales es menor a 100/100ml.

**Tabla 9: Recomendaciones para el muestreo y prevención de muestras de acuerdo con las mediciones (SM 1060)**

Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, ml	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo,/días
Acidez	P,V	100	S	Refrigerar	14
Alcalinidad	P;V	200	S	Refrigerar	14

<sup>5</sup> **ROMERO, J.**, Calidad del agua., 3.a.ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 172.

Cloruro	P,V	50	S,C	No requiere	28
Grasas y Aceites	P,V	100	S	Refrigerar	7
Conductividad	P;V	500	S,C	Refrigerar	28
DBO	P;V	1000	S	Refrigerar	48
DQO	P;V	100	S,C	Analizar inmediatamente	2

**Fuente:** Alianza por el agua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf

### **1.10. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA LACTEA**

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es remover los contaminantes que perjudican el ambiente acuático y, en general a los seres vivos, antes de que lleguen a los suelos, ríos, lagos, y posteriormente a los mares. El tratamiento es una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos que se clasifican en: pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y terciario.

El tratamiento consiste en separar sólidos gruesos que pueden provocar taponamiento; el tratamiento primario separa las partículas en suspensión que no son retenidas por el pre tratamiento; en el tratamiento secundario o biológico se utilizan microorganismos que eliminan materia orgánica disuelta; por último, en el tratamiento terciario se adiciona compuestos químicos para su desinfección.

La alta capacidad contaminante del suero de leche, con una DQO que varía entre 30.000 a 50.000 mg/l además de la cantidad de ácido láctico presente en él, va a alterar significativamente los procesos biológicos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento aumentando los costos. Para el tratamiento de suero lácteo, preferentemente se

aplican tratamientos biológicos antes de que sea vertido a los suelos y ríos, es por ello que se plantean procesos convencionales y no convencionales.

Los procesos convencionales depuran las aguas residuales y no el suero en sí. Los procesos no convencionales aíslan en una primera etapa las corrientes residuales sin mezclarlas con corrientes indeseables, su objetivo es utilizar el residuo industrial para obtener diversos productos de fermentación. El uso de levaduras y bacterias lácticas es común en estos procesos de producción, con la ventaja de que disminuye la cantidad de contaminantes facilitando la eliminación final de efluentes industriales.

#### **1.10.1. Tecnología para tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea**

Las tecnologías existentes para el tratamiento de este tipo de efluentes son muy amplias, por lo que es difícil precisar un tratamiento estándar. No obstante, si podemos exponer de forma general los tratamientos habitualmente empleados.

##### **1.10.1.1. Pre tratamiento.**

Las operaciones de pre-tratamiento son esencialmente, operaciones de tipo físico-mecánicas, que tienen por objeto separar los sólidos más groseros del vertido, con la finalidad de bajar la DQO, y protege el resto de elementos mecánicos del sistema de tratamiento, como bombas, válvulas, cañerías, etc., de desgastes, obturaciones y otros problemas. Es recomendable en todos los casos e imprescindible en el caso de empresas con procesos completos la realización de un pre-tratamiento, el cual consiste básicamente en las siguientes operaciones:

**Tabla 10: Utilidad de las operaciones de pre-tratamiento**

<b>OPERACIONES</b>	<b>UTILIDAD</b>
✓ Rejillas	Se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra posibles daños ocasionales, por objetos de gran tamaño como trapos, retazos de carnaza, palos, etc.
✓ Compensación	Se utiliza para atenuar variaciones y obtener un efluente líquido de caudal y calidad uniformes, cuando se tienen oscilaciones significativas en cuanto a la cantidad y calidad de la corriente de desecho.
✓ Separación de aceites y grasas	Se utilizan desengrasadores gravitatorios de diseño simple que permiten la separación de grasas no emulsionadas por el efecto de flotación natural, y sin el agregado de aire en el efluente.
✓ Neutralización	Consiste en el agregado de soluciones ácidas o alcalinas para llevar el pH extremadamente alto o bajo de un efluente líquido, a valores cercanos a la neutralidad (rango de pH: 6 a 9).

**Fuente:** Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales

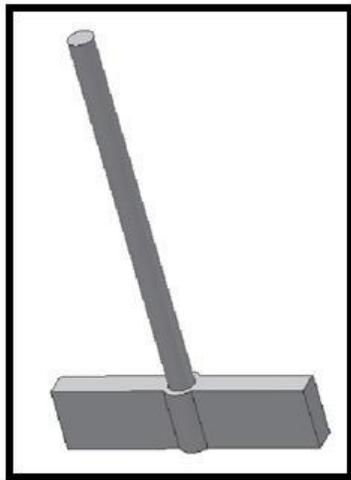
### 1.10.1.2. Tratamiento primario

El tratamiento primario consta de procesos fisicoquímicos básicos para remover los contaminantes principales de las aguas residuales crudas, como DQO/DBO, sulfuros y cromo.

La sedimentación simple y la coagulación/sedimentación pueden emplearse durante el tratamiento primario para separar los contaminantes precipitados del efluente tratado.

#### ♣ Agitadores de palpetas

Se basan en una o más series de brazos instalados sobre un eje vertical, cada serie puede llevar dos, tres o más paletas, que entran en contacto con el líquido de manera frontal, se emplean frecuentemente por la simplicidad con que se puede cambiar su longitud y número de paletas, cabe indicar que también se pueden construir de diversos materiales y tamaños distintos.



**Figura 1:** Agitador de Paletas

**Fuente:** ERAZO, P., Diseño y construcción de mezcladora industrial., 2011.

Para la agitación, se puede utilizar los siguientes sistemas:

- ✓ Agitadores mecánicos de rotación lenta (50 a 100 rpm), y de gran diámetro (1 a 3 m). Para este caso no son aconsejables los depósitos redondos.
  
- ✓ Aire a presión, en este caso, además de la mezcla se obtiene una pre-aireación que favorece la floculación de los sólidos que coagulan a causa de la mezcla, así como una disminución de la DQO (en forma de DIO, a causa de la oxidación de ciertos reductores), y también hace que se mantenga las aguas residuales en condiciones aerobias, lo cual evita posibles fermentaciones, que son causa de malos olores.

#### ♣ **Homogenización**

Es una operación imprescindible, y consiste en la mezcla de todas las corrientes residuales con lo cual se consigue regularizar el caudal e igualar la concentración. Es importante que en esta operación no sedimenten los materiales en suspensión. Es por ello que, se han de mantener las aguas residuales en agitación.

#### ✓ **Coagulación**

“Durante la coagulación, se usan los coagulantes tales como el alumbre (sales de aluminio), cal, sales de hierro y polímeros para mejorar la tasa de remoción y los constituyentes de los residuos.

Es efectiva para reducir los niveles de sólidos suspendidos,  $\text{DBO}_5$ , sulfuros, cromo y alcalinidad. Cuando las sales de hierro, tales como el sulfato férrico y el cloruro férrico, se emplean para precipitar sulfuros de efluentes ecualizados mixtos, el volumen de lodos es

generalmente alto y si la sedimentación no es eficaz, las sales de hierro le darán un color oscuro al efluente final.

La floculación consiste en la aglomeración de los coloides descargados, favorecida por un proceso de agitación mecánica, capaz de desestabilizar las partículas coloidales, con la adición de productos químicos floculantes. Estos productos estimulan la coagulación, aumentando la velocidad de formación, la cohesión y la densidad de los floculos.

**Tabla 11: Coagulantes más utilizados para tratar aguas residuales de la industria láctea**

COMPUESTO	FORMULA	pH ÓPTIMO DE UTILIZACIÓN
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8,5 – 11
Cloruro férrico	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	4 – 11
Sulfato de aluminio	$\text{Al}_2 (\text{SO}_4) \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$	5,5 – 8
Policloruro de aluminio	$\text{Al}^{+3} (\text{C}_2\text{Cl}_2)_3$	6 - 9

**Fuente:** RODRÍGUEZ A., Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales

La utilización de las sales ferrosas, además de su bajo precio, da lugar a una precipitación de los sulfuros residuales. Los inconvenientes, son que las aguas residuales poseen una cierta coloración negra y que los fangos presentan ciertas dificultades a la hora de su decantación.

Las sales de aluminio, tienen un alto poder de decoloración sobre las aguas residuales pero, el inconveniente del precio y que dan una mayor cantidad de fangos.

De los muchos floculantes existentes en el mercado, de diferentes caracteres iónicos (amoniaco, catiónico y no iónicos) y de diferentes composiciones químicas, los más efectivos en el agua residual de la industria láctea, son los de carácter fuertemente aniónicos en base a poliacrilamida.

La cantidad a utilizar y efectiva óptima de un floculante igual que en el caso de los coagulantes, se ha de conseguir mediante ensayos prácticos con el “Jar test” y se puede indicar cifras de entre 1-5 g/m<sup>3</sup>.

La disolución de los floculantes, es difícil, ya que las disoluciones, incluso muy diluidas, son muy viscosas.

En general se acostumbran a preparar soluciones madre de una concentración de 5-10 g/L que se mantienen en agitación muy lenta (velocidad de las palas del agitador mecánico de 2-5 m/seg), hasta 2 horas. Estos productos son muy sensibles a la degradación mecánica producida por ejemplo, por una agitación intensa”.<sup>6</sup>

#### ♣ FLOCULCION CON POLICLORURO DE ALUMINIO

El tratamiento de agua con Policloruro de Aluminio produce floculos de gran tamaño, sumamente homogéneos. Para floculadas se puede suponer que los sólidos suspendidos, son aproximadamente iguales a turbiedad. Está alistado como coagulantes provenientes de sales de aluminio junto con el tradicional sulfato de aluminio. Sin embargo, tiene algunas ventajas frente a este:

- Mayor potencia de coagulación.

---

<sup>6</sup>RODRÍGUEZ A. y otros, Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales

- Mayor velocidad de coagulación y floculación.
- Menor gasto de coagulantes (especialmente a altas turbiedad).
- No aporta aluminio disuelto al agua.
- Menor turbidez final en el proceso.
- Disminuye el carbono orgánico total (TOC)
- Menor consumo de álcalis.
- Efectividad en un amplio rango de pH.
- Igual rendimiento con distintas temperaturas.
- Remoción de color.

La decantación, tiene por objetivo la separación de las partículas en suspensión, por diferencia de densidad, de forma que las partículas más pesadas que el agua son separadas por la acción de la gravedad.

Los sólidos en suspensión, se recogen como resultado de ésta operación, como fangos, más o menos concentrados, denominados fangos primarios, que se separan de las aguas residuales depuradas.

### ♣ **Sedimentación**

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para la separación en suspensión de las mismas, la eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran.

En algunos casos, la sedimentación es el único tratamiento al que se somete el agua residual, la sedimentación puede producirse en una o varias etapas o en varios de los puntos de proceso de tratamiento.

**Tabla 12: Clasificación de los tipos de sedimentación**

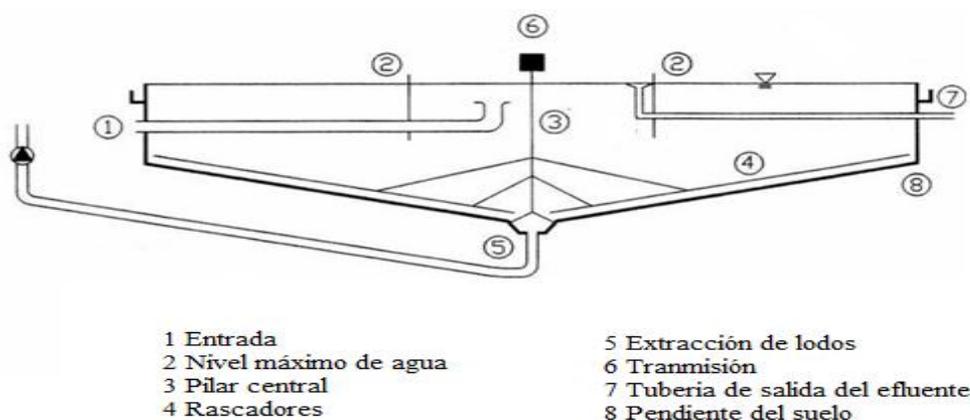
<b>TIPOS DE SEDIMENTACIÓN</b>	<b>PROCESO</b>
Sedimentación directa	Las partículas que se depositan mantiene su individualidad, no se someten a un proceso de coalescencia con otras partículas
Sedimentación con Floculación	La aglomeración de las partículas va acompañada de cambios de densidad y en la velocidad de sedimentación o precipitación.
Sedimentación por zonas	Las partículas forman una especie de manta que sedimenta como una masa total, presentando una interface distinta con la fase líquida.

**Fuente:** RODRÍGUEZ A., Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales

- Tanques de sedimentación.

Se suelen emplear para aquellas industrias lácteas que generan una gran cantidad de sólidos en suspensión. El tiempo de retención debe ser adecuado para conseguir el grado de eliminación de sólidos suspendidos deseados.

Se debe disponer de espacio (volumen) suficiente para el almacenamiento de fangos. Si no se dispone espacio para tanques de sedimentación de grandes dimensiones, se puede emplear instalaciones de sedimentación convencionales de hormigón o de acero, se puede emplear tanques escalados en los terrenos dotados de revestimiento adecuados. La mayoría de las plantas de tratamiento utilizan tanques de sedimentación de diseño normalizado circulares, con dispositivos mecánicos para la recolección y desalojo de lodos.



**Figura 2:** Tanque de sedimentación primaria circular

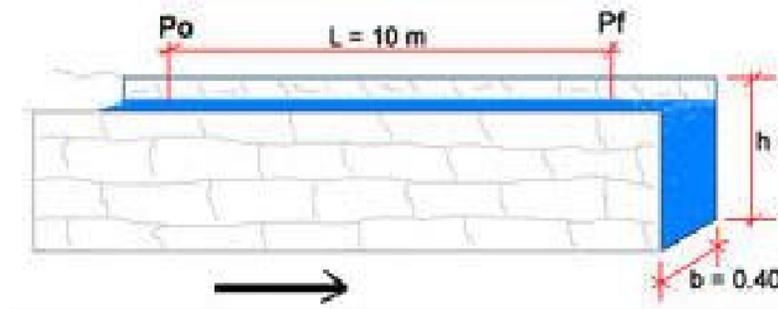
Fuente: Horan, 2003

Las espumas que se generan en los tanques de sedimentación son recolectadas por medio de desnatadoras que se mueven sobre la superficie del líquido. En instalaciones donde la cantidad de espuma es considerable, los pozos para la espuma están equipados con agitadores que promueven una mezcla homogénea antes del bombeo.

## 1.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

### 1.11.1. Caudal

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Para determinar el caudal del agua se utilizó el Método del objeto flotante, el cual consiste en el siguiente procedimiento:



**Figura 3: Método del objeto flotante**

**Fuente: Horan, 2003**

- Ubicar en el canal un tramo aproximado 10m (L) y de sección uniforme. Marcar el punto  $P_o$  al inicio del tramo y el punto  $P_f$  al final del tramo seleccionado.
- A la altura del punto  $P_o$  soltar un pequeño tallo seco y anotar el tiempo (t)(seg) que demora en desplazarse hasta la altura del punto  $P_f$ . Realice por lo menos 5 mediciones del tiempo (t) y saque un promedio para realizar el cálculo de la velocidad.
- Calcular la velocidad (v) del agua utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{L}{t}$$

**Ecuación. 2**

**Dónde:**

v=velocidad del agua (m/s)

L= longitud del tramo (m)

t= tiempo (s)

Medir el ancho del canal (b) en metros y la profundidad del agua (h) en metros, para calcular el área de la sección. Mediante la siguiente fórmula;

$$A = b * h \qquad \text{Ecuación. 3}$$

**Dónde:**

A=área de la selección (m<sup>2</sup>)

b= ancho del canal (m)

h= profundidad del agua (m)

Observar el tipo de terreno del canal para seleccionar el factor de correlación (C) del caudal.

**Tabla 13: Factor de correlación para el cálculo del caudal**

<b>TIPO DE TERRENO DEL CAUDAL</b>	<b>FARCTOR DE CORRELACIÓN (C)</b>
Canal de concreto	0,8
Canal de tierra	0,7
Arroyo quebrado	0,5

**Fuente: [www.turbinas3hc.com](http://www.turbinas3hc.com)**

- Calcular el caudal a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = C * v * A$$

**Ecuación. 4**

**Dónde:**

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

v= velocidad del agua (m/s)

A= área de la sección

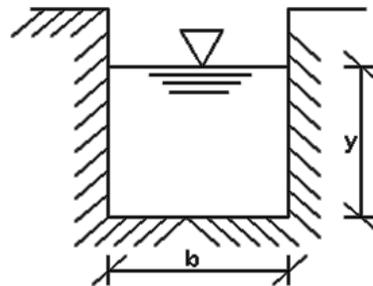
C= factor de corrección

Caudal de diseño: Para calcular el caudal de diseño se emplea el factor de mayoración (FM) correspondiente al 20%.

### 1.11.2. Consideración de diseño del canal

Para el diseño de las rejillas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde se recogerá toda el agua residual de los diferentes procesos.

#### a) SECCIÓN DEL CANAL



**Figura 4: Sección del Canal**

## b) ÁREA DEL CANAL

El área del canal se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = b * h_1 \quad \text{Ecuación. 5}$$

### Dónde:

A = Área del canal ( $m^2$ )

b = Base del canal (m)

$h_1$  = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

## c) RADIO HIDRÁULICO

Para calcular el radio hidráulico se utiliza la ecuación:

$$R = \frac{b*h}{2(b+h)} \quad \text{Ecuación. 6}$$

### Dónde:

R= radio hidráulico ( $m$ )

b= ancho del canal (m)

h= profundidad (m)

También es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

**Ecuación. 7**

**Dónde:**

$v =$  velocidad ( $m/s$ )

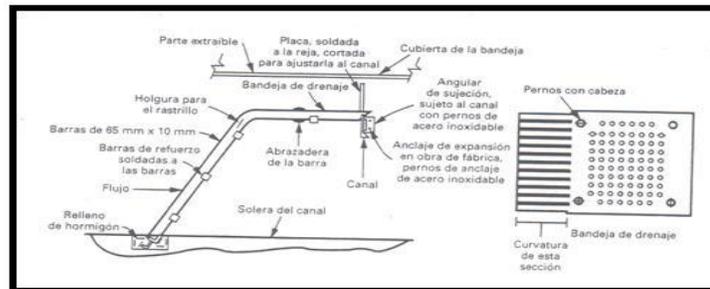
$n =$  Coeficiente de Manning (0.013 para canales de hormigón)

$R =$  Radio hidráulico (m)

$J =$  Gradiente hidráulico (m)

### 1.11.3. Consideración de diseño de la rejilla de limpieza manual

El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual bruta a través de rejillas de barras.



**Figura 5: Rejillas de Limpieza Manual Típica**

**Fuente:** METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 511

A continuación se detallan otros parámetros importantes a considerar:

- **Espaciamiento**

El espaciamiento entre las barras de las rejillas debe ser de:

- 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente
- 3 a 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente

- **Velocidad mínima de aproximación**

Para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre:

- 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente
- 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente

La información básica para el diseño convencional de rejillas de limpieza manual o mecánica se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 14. Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>LIMPIEZA MANUAL</b>
Anchura (mm)	6
Profundidad (mm)	1,2
Separación entre barras (mm)	30
Pendiente en relación a la vertical (°)	30
Velocidad de paso a través de la reja (m/s)	0,47

**Fuente: Uralita 2011,.**

### a) FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE LA REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL

Para el dimensionamiento de las rejillas de limpieza manual es necesario diseñar el canal por el cual será conducida el agua hacia el proceso de tratamiento, para posteriormente compararlo con parámetros de velocidad y abertura de barras sugeridos.

Es necesario además calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning,

$$v = \frac{1}{n} R^2 J^{\frac{1}{2}}$$

**Ecuación. 8**

#### **Dónde:**

v = velocidad

n = Coeficiente de Manning

R = Radio hidráulico

J = Gradiente hidráulico

La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que las materias en suspensión se apliquen sobre ella sin que se provoque una gran pérdida de carga ni atascamiento en los barrotes, para esto se establece una velocidad mínima y máxima que generalmente oscila entre 0,60 m/s 1 m/s, suponiendo llegar hasta 1,4 m/s máximo.

Para el cálculo del radio hidráulico, se emplea la siguiente formula:

$$R = \frac{b \cdot h}{2(b+h)}$$

**Ecuación. 9**

**Dónde:**

R= radio hidráulico

b= ancho del canal (m)= 0,47 m

h= profundidad (m)= 0,55 m

### **b) DETERMINACIÓN DEL ÁREA ENTRE BARRAS**

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre barras ( $A_L$ ), se tiene:

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}} \quad \text{Ecuación. 10}$$

**Dónde:**

$A_L$ = área libre entre barras ( $m^2$ )

Q= caudal ( $m^3/s$ )

$v_{RL}$ = velocidad de entrada al área libre entre barras (m/s)

### **c) ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FLUJO**

$$A_f = A_L \left[ \frac{a+t}{a} \right] \quad \text{Ecuación. 11}$$

**Dónde:**

$A_f$ = arrea de flujo ( $m^2$ )

a= separación entre barras (mm)

t= espesor de las barras (mm)

#### **d) LONGITUD SUMERGIDA DE LA REJILLA**

Para conocer la longitud de la rejilla sumergida es necesario conocer el nivel máximo de agua:

$$d_{max} = \left[ \frac{Q}{v_{RL} * B} \right] \quad \text{Ecuación.12}$$

#### **Dónde:**

$d_{max}$ = nivel máximo de agua (m)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V_{RL}$ = velocidad de aproximación (m/s)

b= ancho de la rejilla (m)

Para la longitud:

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } \theta} \quad \text{Ecuación. 13}$$

#### **Dónde:**

$L_s$ = longitud sumergida de la rejilla (m)

$d_{max}$ = nivel máximo de agua (m)

$\theta$ = grado de inclinación de las rejillas

### e) NUMERO DE BARRAS

$$(N + 1)a + N(t) = b \quad \text{Ecuación. 14}$$

Despejando se tiene:

$$N = \frac{b-a}{a+t} \quad \text{Ecuación. 15}$$

#### **Dónde:**

N= número de barras

b= ancho de la rejilla (m)

a = separación entre barras (mm)

t= espesor de las barras (mm)

### f) CALCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA A TRAVÉS DE LA REJILLA

El análisis asociado con el uso de equipos para el tamizado grueso contempla la determinación de las pérdidas de carga producidas por el paso del agua a través de estas unidades. Las pérdidas hidráulicas a través de rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad del flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden estimar por medio de la siguiente ecuación.

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left( \frac{v^2 - v'^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación. 16}$$

#### **Dónde:**

$h_L$ = pérdida de carga, pies (m)

$k = 1/0.7$  = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja (m/s).

$v$  = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja, (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad, (m/s<sup>2</sup>)

#### **1.11.4. Consideración de diseño del tanque de homogeneización**

El volumen del depósito de homogeneización, depende del caudal vertido y del régimen de trabajo. En general, se ha de calcular un volumen al menos igual al caudal diario vertido, también no solo se debe tener en cuenta el caudal sino también el proceso de fabricación.

Puede ser de profundidad variable, para proveer un caudal constante, o de volumen constante y efluente igual al afluente, cuando el propósito es igualar características del afluente, como su acidez, alcalinidad y pH, para optimizar tratamiento químico o biológico posterior

- Mezcladores estáticos: Esta clase de mezcladores se utiliza a menudo para mezclar reactivos químicos con el agua residual.
- Potencia necesaria para mezcladores estáticos: La cantidad de potencia consumida en mezcladores estáticos se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$P = \gamma Qh \qquad \text{Ecuación. 17}$$

#### **Dónde:**

$P$  = potencia disipada (kW)

$\gamma$  = peso específico del agua (kW/m<sup>3</sup>)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

h= pérdidas de energía por el fluido en su paso por el mezclador estático (m)

**a) AREA DEL HOMOGENIZADOR**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s} \quad \text{Ecuación. 18}$$

**Dónde:**

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

C<sub>s</sub> =Carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día)

**b) DIÁMETRO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad \text{Ecuación. 19}$$

**Dónde:**

∅ = diámetro (m)

A = Área del sedimentador

π = Número irracional (3,1416)

**c) RADIO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ecuación. 20}$$

**Dónde:**

$r = \text{Radio (m)}$

$A = \text{Área (m}^2\text{)}$

$\pi = \text{Número irracional (3,1416)}$

#### **d) VOLUMEN DEL HOMOGENEIZADOR**

Determinamos mediante la siguiente ecuación:

$$V = a * h \quad \text{Ecuación. 21}$$

**Dónde:**

$V = \text{Volumen del tanque (m}^3\text{)}$

$a = \text{Ancho del tanque (m)}$

$h = \text{Altura del tanque (m)}$

#### **1.11.5. Consideración de diseño del agitador de paletas**

##### **a) DIAMETRO DEL IMPULSOR**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ecuación. 22}$$

**Dónde:**

$d_i = \text{Diámetro del impulsor (m)}$

##### **b) ALTURA DEL IMPULSOR RESPECTO DEL FONDO**

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_i = d_i \quad \text{Ecuación. 23}$$

**Dónde:**

$H_i$  = Altura del impulsor respecto del fondo (m)

**c) ANCHO DE LAS PALAS DEL IMPULSOR**

Lo obtenemos de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{1}{5} \text{ del } d_i \quad \text{Ecuación. 24}$$

**Dónde:**

$q$  = Ancho de las paletas (m)

**d) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR**

$$l = \frac{1}{4} \text{ del } d_i \quad \text{Ecuación.25}$$

**Dónde:**

$l$  = Longitud de las palas (m)

**e) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR MONTADAS EN EL DISCO CENTRAL**

La podemos obtener mediante la siguiente ecuación:

$$l_{DC} = \frac{1}{2} \quad \text{Ecuación. 26}$$

**Dónde:**

$l_{DC}$  = Longitud de las palas montadas en el disco central.(m)

#### f) NÚMERO DE DEFLECTORES

Son 4, dispuestos verticalmente en las paredes del tanque, desde el fondo y sobresaliendo por encima del nivel del líquido.

#### g) ANCHO DE LOS DEFLECTORES

Podemos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$W_b = \frac{1}{10} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ecuación. 27}$$

**Dónde:**

$W_b$  = Ancho de los deflectores (m)

#### h) DIAMETRO DEL DISCO CENTRAL

La podemos determinar mediante la siguiente ecuación:

$$s = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque} \quad \text{Ecuación. 28}$$

#### i) ESPESOR DE LAS PALAS

$$F_D = \frac{C_D A \rho v_p^2}{2} \quad \text{Ecuación. 29}$$

**Dónde:**

$F_D$  = Fuerza de resistencia del fluido sobre las paletas (N)

$C_D$  = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas, está en función de las dimensiones de la paleta.

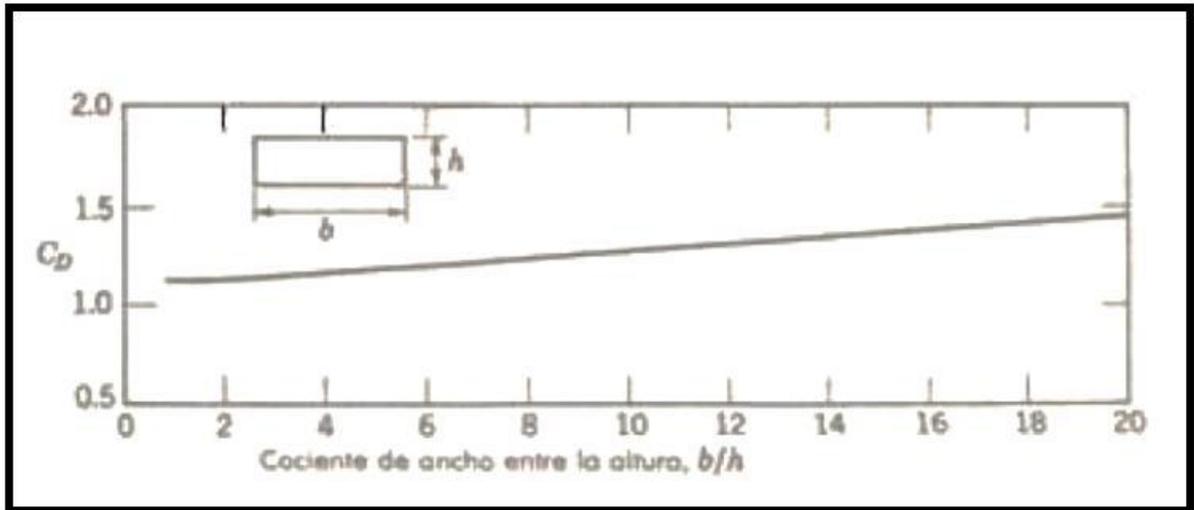
$A$  = Sección transversal de las paletas ( $m^2$ ) (área raspada de la paleta)

$\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ )

$v_p$  = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido. ( $m/s$ )

Para determinar  $C_D$ , se debe calcular la relación entre el ancho y la altura de la paleta.

Usando la Figura. 6



**Figura 6: Coeficiente de resistencia vs Cociente de ancho entre la altura**

**Fuente:** FOX A., Introducción a la Mecánica de Fluidos., 1989., Pp. 427

#### 1.11.5.1. POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA

Cuanto mayor sea la energía suministrada en un fluido mayor será la turbulencia generada y por lo tanto, la mezcla resultante será mucho mejor. La potencia disipada por unidad de volumen del líquido en la mezcla puede servir como parámetro para medir la eficiencia en la operación, Camp y Stein (1943) estudiaron la formación y efectos de velocidad en diferentes clases de tanques desarrollando la siguiente ecuación:

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

**Ecuación. 30**

**Dónde:**

P =Potencia necesaria (W)

G = Gradiente medio de velocidad (1/s ) Tabla 15.

$\mu$  = Viscosidad dinámica (N\*s/m<sup>2</sup>)

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

**a) GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO**

$$G = 0.25 * n^{1.25}$$

**Ecuación: 31**

**Dónde:**

- G= gradiente medio de velocidad del fluido (s<sup>-1</sup>)
- n = velocidad de rotación (RPM)

**Tabla 15. Valores usuales de gradiente de velocidad (g) y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual.**

PROCESO	TIEMPO DE RETENCIÓN	VALORES DE G, s <sup>-1</sup>
Mezcla: operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual	10 – 30 s	500 – 1500
Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos	≤ 1 s	1500 – 6000
Mezcla rápida de reactivos químicos en procesos de filtración por contacto	< 1 s	2500 – 7500

Floculación: procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual	30 – 60 min	50 – 100
Floculación en procesos de filtración directa	2 – 10 min	25 – 150
Floculación en procesos de filtración por contacto	2 – 5 min	25 – 200

**Fuente:** CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001.

Para operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual el tiempo de retención hidráulico comprende entre 10 – 30 segundos, y los valores del gradiente medio de velocidad (G) oscilan entre 500 – 1500.

El área requerida de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3} \quad \text{Ecuación. 32}$$

**Dónde:**

A = Área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

P = Potencia necesaria (W)

C<sub>D</sub> = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

ρ = Densidad del Fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

v = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75.

### 1.11.6. Consideración de diseño del tanque de sedimentación

Si todos los sólidos presentes en el agua residual fueran partículas discretas de tamaño, densidad, peso específico y forma uniforme, la eficiencia de eliminación de estos sólidos dependería solamente del área superficial del tanque y del tiempo de retención. En tal caso, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantuvieran por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque tendría poca importancia. Sin embargo, en la realidad, los sólidos de la mayoría de las aguas residuales no presentan características regulares debido a su naturaleza heterogénea. A continuación se describen los parámetros más importantes involucrados en el diseño de sedimentadores primarios.

**Tabla 16: Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>INTERVALO</b>	<b>TÍPICO</b>
Sedimentación primaria		
• Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día		
A caudal medio	30-50	40
A caudal punta	80-120	100
• Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m* día	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso		
• Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2

Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día		
A caudal medio	24-32	28
A caudal de punta	48-70	60
• Carga sobre vertederos, m <sup>3</sup> /m *día	125-500	250

**Fuente:** Metcalf & Eddy, 1996

Los efectos de la carga de superficie y del tiempo de retención sobre la eliminación de sólidos suspendidos varían ampliamente en función de las características del agua residual, de la proporción de sólidos sedimentables y de la concentración de sólidos, principalmente. Es conveniente poner especial atención en el hecho de que las cargas de superficie deben ser lo suficientemente reducidas como para asegurar el rendimiento de las instalaciones de caudal punta.

#### a) CALCULO DEL ÁREA DEL SEDIMENTADOR

Según Metcalf – Eddy para determinar el área superficial del sedimentador, se utiliza la siguiente expresión.

$$CS = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación. 33}$$

**Dónde:**

CS = carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = área (m<sup>2</sup>)

✓ **Carga de superficie**

**Tabla 17: Valores recomendados de la carga superficial**

Suspensión	carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día)	
	Intervalo	Caudal pico
Agua residual sin tratar	24-48	48
Floculó de sulfato de aluminio	14-24	24
Floculó de hierro	21-32	32
Floculó de cal	21-48	48

**Fuente:** Metcalf & Eddy, 1996.

**b) VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR**

El volumen es la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en sus tres dimensiones largo, ancho, y altura.

$$V = L * a * h \quad \text{Ecuación. 34}$$

**Dónde:**

V = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

L = largo (m)

a = ancho (m)

h = altura (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se debe utilizar la siguiente ecuación para determinar primero el área.

$$A = L * a \quad \text{Ecuación. 35}$$

**Dónde:**

A = área del sedimentador (m<sup>2</sup>)

L = largo (m)

a = ancho (m)

Aplicando una relación largo-ancho 1:4, se tiene:

$$L = 4a^2 \quad \text{Ecuación 36}$$

**Dónde:**

L = largo (m)

a = ancho (m)

Remplazando en la ecuación 19 se tiene:

$$a = \sqrt{\frac{A}{4}} \quad \text{Ecuación. 37}$$

### c) TIEMPO DE RETENCIÓN

Por lo general, los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1.5 a 2.5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0.5 a 1 h), con menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan en ocasiones como tratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

En el análisis y diseño de tanques de sedimentación primaria, los efectos de la temperatura no suelen requerir atención especial. Sin embargo, en zonas de climas fríos, los incrementos de la viscosidad del agua producidos por las bajas temperaturas pueden retardar la sedimentación de las partículas y, consecuentemente, reducir la eficiencia del proceso de separación de sólidos cuando las temperaturas bajen de los 10°C.

El tiempo de retención se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{V}{Q}$$

**Ecuación. 38**

**Dónde:**

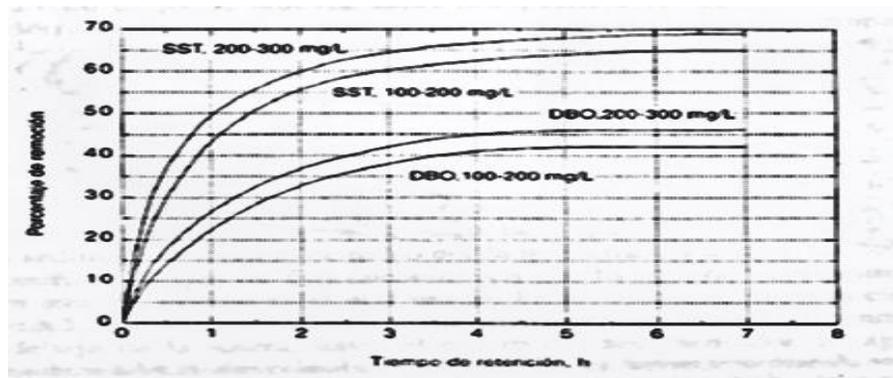
V= volumen (m<sup>3</sup>)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

#### **d) REMOCIÓN DE DBO y SST**

La figura 6 de obtuvo a partir de observaciones realizadas a sedimentadores en funcionamiento, y en ella se presenta información útil acerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración del efluente y el tiempo de retención.

**Figura 7: Remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria**



Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

La familia de curvas en la figura 6 puede modelarse matemáticamente como una hipérbola regular usando la siguiente expresión.

$$R = \frac{t}{a+bt}$$

**Ecuación. 39**

**Dónde:**

R= porcentaje de remoción de BQO o SST esperado, (%)

t= tiempo nominal de retención (h)

a,b = constante empíricas

De acuerdo a Crites y Tchobanoglous (2000), las constantes a y b pueden tomar los siguientes valores a 20°C (Tabla 9).

**Tabla 18. Valores de las constantes empíricas a y b**

<b>VARIABLE</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

**Fuente: Crites y Tchobanoglous, 2000**

**e) VELOCIDAD DE ARRASTRE**

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentadas son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos, de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. La velocidad crítica viene dada por la siguiente ecuación desarrollada por Camp, a partir de estudios realizados por Shields (1936):

$$V_H = \left[ \frac{8k(s-1)}{f} \right]^{1/2}$$

**Ecuación 40**

**Dónde:**

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

$k$  = Constante que depende del tipo de material arrastrado.

$s$  = Peso específico de las partículas.

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$d$  = Diametro de las partículas.

$f$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Los valores más comunes de  $k$  son 0.04 para arena unigranular, 0.06 para materia más agregada. El factor de Darcy-Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo y el número de Reynolds, sus valores típicos están entre 0.02 y 0.03. Tanto  $k$  y  $f$ , son constantes adimensionales.

Esta velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$V_h = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación. 41}$$

**Dónde:**

$V_h$  = Velocidad horizontal (m/s)

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$A$  = Área del sedimentador rectangular ( $m^2$ )

**1.12. NORMATIVA AMBIENTAL**

Los objetivos principales de las normas son: proteger, preservar, conservar y mejorar la calidad de las fuentes de suministro de agua a la población, los cuerpos naturales y artificiales, tanto superficiales como subterráneas, para su correcta depuración y puedan ser asimilados de forma natural.

Específicamente, establecen los requisitos que deben cumplir las personas físicas o jurídicas responsables de descargas de aguas residuales a los cuerpos hídricos receptores.

### **1.12.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua Art. 276.

### **1.12.2. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Mediante un desarrollo sustentable Art. 7 se pretende no comprometer los recursos disponibles de la naturaleza, aplicando estrategias de protección y manejo ambiental Art. 18, cuyas medidas adoptadas para el control de impactos negativos son sometidos a evaluación por el Ministerio de Ambiente previa a su obtención de la licencia ambiental.

### **1.12.3. LEY ORGÁNICA DE SALUD**

Libro II Salud y seguridad ambiental, Art. 95. La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establecerán las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana.

Título Único, Capítulo II, Art. 103, Se prohíbe a toda persona natural o jurídica depositar aguas residuales y servidas, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, lagunas etc. Art. 104. Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios tiene la obligación de instalar sistemas

de tratamiento de aguas contaminadas y residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades.

#### **1.12.4. TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS)**

El libro VI Anexo I trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes, tiene como objeto la “prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua”

**Tabla 19. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes fecales	Nmp/100ml		Remoción > 99.9%
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100

Sólidos totales		mg/l	1 600
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Cloruros	Cl-	mg/l	1 000
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

**Fuente:** Libro VI, Anexo I. “TULAS”

# CAPITULO II

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba en la parroquia Quimiag de la comunidad de Guzo Libre, en la industria de Lácteos OASIS, que se encuentra ubicada a 17M 0770454; UTM 9814623; y a una altura de 2901 msnm.

El agua proveniente de los distintos procesos de la elaboración de quesos fue estudiada durante el periodo de enero y abril del 2013, a la muestra se le realizaron los análisis físicos - químicos y microbiológicos correspondientes, la determinación de los diferentes parámetros del agua residual se lo realizara bajo métodos de análisis del estándar Methods APHA, comparando los resultados con la Norma de calidad Ambiental TULAS (Libro VI Anexo I. Tabla 12), que es para Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

La investigación fue realizada en las siguientes etapas; procesos de recepción de la leche, proceso de elaboración del queso, lavado de equipos e instalaciones de la planta de Lácteos “OASIS”.

**Tabla 20: Cronograma de trabajo diario en la producción de quesos en la planta de lácteos oasis**

<b>Procesos</b>	<b>Acciones</b>	<b>Volumen de agua utilizada ( m<sup>3</sup>)</b>	<b>Generación de agua residual</b>
Recepción de la	Lavado de	0.30	Generación de agua

leche	tanques, mesas, pisos, etc.		residual
Pasteurización y Temporalización		0.20	El 60% de agua de enfriamiento no recircula
Salado , Moldeado, prensado	Lavado del cuajado y desuerado	0.12	Suero derramado accidentalmente se mezcla con el agua del piso
Desmoldado	Desmoldado	0.20	Generación de residuo solido
Lavado	Lavado de utensilios, tinas, mesas y pisos.	0.30	Generación de agua residual

**Fuente: Sáenz, L. 2013**

## **2.2. CONSUMO DE AGUA**

El consumo de agua en la industria de lácteos “Oasis” es mensualmente de 324 m<sup>3</sup>/mes, el 90% del agua se utiliza fundamentalmente en el proceso de elaboración de quesos con un consumo de agua de 291.6 m<sup>3</sup>/ mes. La planta trabaja todos los días de la semana con 8 horas diarias en el proceso de elaboración de quesos, se determinó un consumo de 9.72 m<sup>3</sup>/día aproximadamente, el consumo de agua destinada a la limpieza de los vehículos de la planta, sistema sanitario, que se estima en un 10% adicional.

Con esta información se calcula que el consumo mensual de agua aproximadamente en la planta es de 324 m<sup>3</sup>/mes. Con base en la información recolectada en la planta realizamos la evaluación de los efluentes residuales líquidos del sistema industrial lácteo y sanitario, estos se encuentran separados y se realizan descargas independientes a los canales de la empresa.

**Tabla 21: Consumo de agua en la planta de lácteos “OASIS”**

<b>FECHA</b>	<b>Producción diaria de leche (L)</b>	<b>Consumo de agua (L/d)</b>
10/02/2013	3300	9820
21/02/2013	3250	9530
07/03/2013	3320	9795
21/03/2013	3315	9641

**Fuente:** Planta de Lácteos Oasis

Por lo tanto el diseño del sistema de tratamiento se realizara para el agua residual del área productiva de queso la cual genera el 80 % de agua residual.

**Tabla 22: Caudal del agua “Método del Objeto Flotante”**

<b># muestras</b>	<b>Punto P<sub>0</sub></b>	<b>Punto P<sub>f</sub></b>	<b>Tiempo (s)</b>
1	0	10	598

2	0	10	602
3	0	10	576
4	0	10	616
5	0	10	611
Promedio			600.6

**Fuente:** Sáenz, L., 2013

## **2.3. MUESTREO**

### **2.3.1. PLAN DE MUESTREO**

Para esta investigación fue necesario considerar un muestreo compuesto, ya que los efluentes de la producción de quesos son diversos en calidad y cantidad en cada uno de los procesos a lo largo de la jornada diaria de trabajo.

Se tomó muestras en cada una de las áreas de producción de quesos, también al final del canal que recorre por todo el área de trabajo, donde toda el agua residual se une de los diferentes procesos.

### **2.3.2. PUNTO DE MUESTREO**

Se ubicó los puntos referenciales de la empresa, con la ayuda de un GPS realizamos la geo-referenciación siguiente:

**Tabla 23: Geo-referenciación de la Planta**

	<b>Punto final de descarga del efluente</b>	<b>Rio donde se descarga el agua residual</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>17M</b>	0770490	0770591	0770436
<b>UT</b>	9814641	9814807	9814608
<b>Altura</b>	2893m	2865m	2835m

**Fuente:** Sáenz, L., 2013

Con la finalidad de realizar un muestreo efectivo se tomó las muestras cumpliendo con el cronograma y horarios de muestreo acordado con los técnicos de LAT, para el traslado de las muestras al laboratorio se mantuvo una cadena de frio para evitar que se alteren los datos de la muestra recolectada, donde se efectuaron análisis físico-químicos y microbiológicos correspondientes al tipo de estas aguas residuales.

### **2.3.3. NUMERO DE MUESTRAS**

Las muestras fueron tomadas en diferentes horarios durante los 4 meses de investigación realizándose 4 muestreos respectivamente.

Se realizó el muestreo en la jornada normal de trabajo de la planta, que inicia desde las 8:00 am, hasta las 4:00 pm. Se recolectaron alícuotas de 150 ml de cada uno de los sub-procesos, obteniendo un volumen final de la etapa de producción de 750 ml cada hora.

$$\frac{V_i}{Q_i} = \frac{V}{nQ_m}$$

$$\frac{V_i}{Q_i} = \frac{0.006 \text{ m}^3}{8 \left(1.123 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}$$

$$\frac{V_i}{Q_i} = 0.000667 \text{ h}$$

Para el llenado de los recipientes de 6 litros en el caso de los parámetros físicos – químicos primero se reúne cada una de las alícuotas debidamente homogenizadas, hasta obtener el volumen requerido de la muestra compuesta.

En el caso de los exámenes microbiológicos se llenó los recipientes de plástico de un volumen de 100 ml de muestra.

Posteriormente las muestras se llevaron al LAT para caracterizarlos física-química y microbiológicamente, registrando todos los datos obtenidos en tablas, para mediante análisis diseñar el equipo con las mejores condiciones de trabajo.

**Tabla 24: Cronograma de muestreo**

<b>Día</b>	<b>Hora</b>								<b>Total</b>
10/02/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L
21/02/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L
07/03/2013	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	750ml	6L

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
21/03/2013	750ml	6L							

**Fuente:** Sáenz, L., 2013

## **2.4. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **2.4.1. MÉTODOS**

En el LAT de la ESPOCH, se efectuaron los análisis del agua residual, utilizando métodos de análisis cuantitativos que abarcan determinaciones gravimétricas, volumétricas, e instrumentales. Es necesario recordar en todo momento que la muestra con la que se está trabajando posee un alto contenido de materia orgánica y muy contaminada por lo cual se debe tomar las medidas de seguridad más adecuadas.

#### **2.4.1.1. INDUCTIVO**

El desarrollo de dicho estudio se basa en fundamentos y principios de Operaciones Unitarias, partiendo así del diseño de una planta de tratamiento de agua residual mediante la selección adecuada de los materiales y su respectivo dimensionamiento lo cual es de gran ayuda para obtener los cálculos necesarios y la determinación de las variables del proceso con el fin de obtener la caracterización y muestreo apropiado en cuanto al mejor diseño se refiere.

#### **2.4.1.2. DEDUCTIVO**

Partiendo del diagnóstico que permite reducir la descarga de contaminantes liberados al cuerpo de agua dulce y la caracterización de los mismos. Para posteriormente determinar las variables de proceso que exista entre el agua de lavandería y el líquido en contacto, a

fin de disolver de manera selectiva los contaminantes presentes en el agua de descarga, para luego calcular los valores correspondientes de diseño de la planta de tratamiento de agua residual.

#### **2.4.1.3. EXPERIMENTAL**

Este estudio se realizó a nivel de laboratorio, donde se mide los parámetros más importantes para este tipo de aguas residuales provenientes de la industria láctea como son: pH, temperatura, turbiedad, DQO, DBO, grasas, etc., llegando a determinar los más óptimos para el posterior diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria de lácteos “OASIS”.

##### **a) Instrumentos**

- ❖ 1 envases plásticos de 6 litro de capacidad.
- ❖ Un recipiente de un litro
- ❖ Un balde de 50 litros de capacidad
- ❖ Termómetro
- ❖ Mascarilla.
- ❖ Guantes.
- ❖ Etiquetas.
- ❖ Un marcador permanente.
- ❖ Cooler

## b) **Procedimiento**

Se tomó agua residual de cada uno de los procesos donde se produce efluentes y se registró los siguientes datos:

- ❖ Nombre del punto de muestreo.
- ❖ Hora de toma de la muestra.
- ❖ Temperatura.
- ❖ Apariencia

### **2.4.1.4. TECNICAS**

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

- Recolección de muestras: ESTÁNDAR METHODS 2310 A Y B
- Determinación de la Temperatura: ESTÁNDAR METHODS / 2550 B
- Determinación del Potencial de Hidrogeno: PEE/05 APHA 4500 H<sup>+</sup>
- Determinación de Sólidos Sedimentables: PEE/56 APHA 2540 D
- Determinación de Sólidos Suspendidos Totales. PEE/13 APHA 2540 D
- Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO): PEE/09 APHA 5220 D
- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>). PEE/46 APHA 5210 B

- Determinación de Aceites y Grasas. PEE/42 APHA 5520 C
- Determinación de Coliformes Fecales Metodo Hach Dr 2800
- Determinación de Coliformes Totales: METODO HACH DR 2800

#### 2.4.1.4.1. DETERMINACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRA

##### a) RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

**Tabla 25: Recolección de muestras**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PROCEDIMIENTOS</b>
Para la toma de muestras después del proceso de lavado y realizar las respectivas pruebas de caracterización	Recipientes de vidrio oscuros capacidad de 1L	Muestreo compuesto cada hora durante 4 horas recolectando 2 litros por cada hora y homogenizando teniendo 8 litros.

**Fuente: ESTÁNDAR METHODS 2310 A y D**

**2.4.1.4.2. TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL**

**a) DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA. ESTÁNDAR METHODS / 2550 B**

**Tabla 26: Determinación de la temperatura**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULO</b>
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Termómetro digital</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Introduce el bulbo del termómetro en la muestras</li><li>• Esperar unos segundos hasta que se estabilice</li><li>• Anotar el valor de la temperatura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lectura</li></ul>

**Fuente: STANDARD METHODS 2550 edición 17.**

**b) DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDROGENO. PEE/05 APHA 4500 H<sup>+</sup>**

**Tabla 27: Determinación de pH**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULO</b>
Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H <sup>+</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH-metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se acondiciona el electrodo de la celda de medida como se reportó anteriormente, se mide la temperatura de la muestra y se coloca en el instrumento el valor correspondiente en la corrección manual del instrumento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medida directa</li> </ul>

**Fuente: FERNANDEZ J. Y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales**

**c) DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES. PEE/56 APHA 2540 D**

**Tabla 28: Determinación de sólidos sedimentables**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULO</b>
<p>Los sólidos sedimentables de las aguas residuales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de peso (mg/L).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cono de Imhoff graduado de 1000ml</li> <li>• Soporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de agua residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar lentamente en el cono de Imhoff la muestra de agua a analizar previamente homogenizada.</li> <li>• Dejar sedimentar por ½ hora interviniendo de cuando en cuando, cautamente.</li> <li>• Anotar el valor indicado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida directa expresada en ml/L ó mg/L</li> </ul>

**Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales**

**d) DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. PEE/13 APHA 2540 D**

**Tabla 29: Determinación de sólidos suspendidos totales**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULO</b>
<p>Se filtra una muestra homogenizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio.</p> <p>El resultado retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 – 105 °C.</p> <p>El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embudo</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Soporte</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Estufa</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de agua residual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesarse el papel filtro tarado</li> <li>• Por medio de un embudo filtrar 50ml de agua residual</li> <li>• Una vez filtrada el agua, secar el papel filtro en una estufa por dos horas.</li> <li>• Pesarse el papel filtro seco con la muestra</li> </ul>	<p><math>SST = ((A-B) * 1000) / V</math></p> <p>Donde:</p> <p>SST: sólidos suspendidos totales (mg/L)</p> <p>V: volumen de la muestra (mL)</p> <p>A: peso de residuo seco + filtro (mg)</p> <p>B: tara del filtro (mg)</p>

**Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales**

e) DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO). PEE/09 APHA 5220 D

Tabla 30: Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Indica la cantidad de contaminantes que pueden oxidarse mediante un oxidante químico (dicromato potásico, etc); estos contaminantes pueden ser materia orgánica e inorgánica; se expresa en mg de oxidación por litro.	Vaso de precipitación Soporte Papel filtro Estufa Balanza analítica	Sulfato de mercurio (Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Dicromato potásico (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )0,25N Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25N(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O o SAL DE MOHR Indicador de DQO o soluciones de ferroína	Se enciende la placa calefactora. Se pesan 0,44 g de HgSO <sub>4</sub> en 1 matraz para reflujo de 100ml. Se añaden 20ml de muestra. Se añaden 30 ml de solución de Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y enfriar. Se añaden 12,5 ml de solución de (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) 0,25 N Se somete a reflujo durante 2 horas. La muestra se oxidada se diluye hasta 75ml con agua destilada y se deja enfriar. Se añaden 5 gotas del indicador ferroína. Se valora el exceso de dicromato con la sal de Mohr.	$DQO(mgO_2/L) = \frac{[(A - B) * N * 8000]}{V(ml)de\ muestra}$ Dónde: A=volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco. B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra. N= Normalidad de la sal de Mohr.

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales

f) DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>). PEE/46 APHA 5210 B

Tabla 31: Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas de DBO(Weattom)</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Balón de 1000ml</li> <li>• Bureta</li> <li>• Pinzas universales</li> <li>• Soporte universal</li> <li>• 1 erlenmeyer de 500ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua aireada (H<sub>2</sub>O)</li> <li>• Cloruro de magnesio (MgCl<sub>2</sub>)</li> <li>• Cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>)</li> <li>• Cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>)</li> <li>• Solucion buffer de pH neutro</li> <li>• Sulfato de manganeso (MnSO<sub>4</sub>)</li> <li>• Reactivo álcali-yoduro-azida</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En un balón colocar 500ml de agua aireada.</li> <li>• Añadir 50ml de agua residual y 1ml de inóculo.</li> <li>• Añadir 1ml de MgCl<sub>2</sub>, de FeCl<sub>3</sub> de CaCl<sub>2</sub> y 2ml de solución buffer.</li> <li>• Aforar con agua aireada y homogenizar la solución.</li> <li>• Llenar 2 botellas de DBO con esta</li> </ul>	$DBO_5 = (X - Y) * FD$ Dónde: X= Concentración de O <sub>2</sub> disuelto antes de la incubación. Y= Concentración de O <sub>2</sub> disuelto después de la incubación FD= factor de dilución

		<p>(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiosulfato de sodio 0,025M (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</li> <li>• Solución de almidón</li> </ul>	<p>solución y taparlas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad.</li> <li>• En la otra botella poner 1ml de MnSO<sub>4</sub> y 1ml de reactivo álcali-yoduro-azida, tapar y dejar que repose.</li> <li>• Titulamos con Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> </ul>	
--	--	---	---	--

**Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales**

**g) DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS. PEE/42 APHA 5520 C**

**Tabla 32: Determinación de aceites y grasas**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULO</b>
Este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierras de diatomeas, los cuales son extraídos en un soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo; siendo este valor de contenido de grasas y aceites.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de extracción Soxhlet</li> <li>• Estufa eléctrica</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Equipo de filtración a vacío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ácido Clorhídrico concentrado (HCl)</li> <li>• Hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)</li> <li>• Ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</li> <li>• Suspensión de tierra de diatomeas-sílice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adicionar hexano al matraz de extracción y preparar el equipo Soxhlet.</li> <li>• Controlar la temperatura del reflujo y extraer a una velocidad de 20 ciclos/hora durante un periodo de 4h.</li> <li>• Una vez terminada la extracción retirar el matraz del equipo Soxhlet, y evaporar el disolvente.</li> <li>• El matraz de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente.</li> <li>• Pesarse el matraz de extracción y determinar la concentración de grasas y aceites recuperables.</li> </ul>	$G/A = (A - B)/V$ <p>Dónde:                      G/A= grasas y aceites (mg/L)                      A= peso final del matraz de extracción (mg)                      B= peso inicial del matraz de extracción (mg)                      V= volumen de la muestra, en litros.</p>

**Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales**

### 2.4.1.4.3. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

#### a) DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES MÉTODO HACH DR 2800

**Tabla 33: Determinación de coliformes fecales**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i> , pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la	Cámara Incubadora Equipo de Filtración Membranas de filtro 0.47 Cajas Petri Pinza Termómetro Cronómetro Pads	Medio de cultivo Ampollas m- ColiBlue24® Broth Alcohol antiséptico 70°Gl	Tomar una muestra de agua de 100mL.  Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con el medio de cultivo m- ColiBlue24® Broth.  Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.  Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la	Conteo de coliformes y registro de resultados.  Confirmar la temperatura de la incubadora, 45° C  Siguiendo a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.  Colocar las cajas petri en una superficie plana.  Remover las tapas y contar

<p>enzima <math>\beta</math>-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de <i>E. coli</i>, puede haber microorganismos ambientales.</p>	<p>adsorbentes Reverbero Lente de aumento Pipetas plásticas Pasteur.</p>		<p>membrana</p> <p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p>	<p>todas las colonias de color azul, sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p> <p>Una vez que en número de colonias ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Y registrar los resultados.</p>
--	--	--	---	--

**\* MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL CONTROL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS**

**b) DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES MÉTODO HACH DR 2800**

**Tabla 34: Determinación de coliformes totales**

<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULO</b>
<p>El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima <math>\beta</math>-galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros <i>Escherichia</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i>, pero el grupo es más</p>	<p>Cámara Incubadora Equipo de Filtración Membranas de filtro 0.47 Cajas Petri Pinza Termómetro Cronómetro Pads adsorbentes</p>	<p>Medio de cultivo Ampollas m- Endo®Broth Alcohol antiséptico 70°Gl</p>	<p>Tomar una muestra de agua de 100mL.  Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con el medio de cultivo Ampollas m-Endo®Broth.  Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.  Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana</p>	<p>Conteo de coliformes y registro de resultados.  Confirmar la temperatura de la incubadora, 35° C  Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.  Colocar las cajas petri en una superficie plana.  Remover las tapas y contar todas las colonias de color azul, sin considerar el</p>

<p>heterogéneo e incluye otros géneros como <i>Serratia</i> y <i>Hafnia</i>. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una proliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.</p>	<p>Reverbero  Lente de aumento  Pipetas plásticas  Pasteur.</p>		<p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p>	<p>tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p> <p>Una vez que en número de colonias ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Y registrar los resultados.</p>
--	---	--	---	--

**\* MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL CONTROL DEL TRATAMIENTO DE AGUA**

#### 2.4.1.4.4. PROCESOS DE TRATABILIDAD

##### a) TEST DE JARRAS

Tabla 35: Determinación del test de jarras

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Es utilizado para determinar las dosis más efectivas de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, específicamente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente. Se puede utilizar también con objetivo de determinar las velocidades de sedimentación para el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial de agua cruda para la filtración directa. Este método conlleva el ajuste del pH, selección del agente coagulante y de dosis adecuada, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de jarras</li> <li>• pH metro</li> <li>• Turbidímetro</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Pipetas graduadas de 10 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Policloruro de aluminio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza un dispositivo llamado floculador provisto de 4 puntos de agitación que permite agitar simultáneamente</li> <li>• Se coloca 1 L en cada uno de los vasos</li> <li>• Se adiciona coagulante (policloruro de aluminio) en distintas concentraciones.</li> <li>• Se mantiene una agitación 65 y 150 RPM de 1 a 3 min para que la mezcla sea rápido y se disperse</li> <li>• Finalmente se cesa la agitación para que la disolución permanezca en reposo durante 10 ó 30 minutos y estos floculos sedimenten</li> <li>• Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obteniendo como son turbidez y pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidez</li> <li>• pH</li> <li>• Tiempo de sedimentación</li> </ul>

Fuente: Catarina.udlap.documentos.capitulo

## **2.5. DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.5.1. DIAGNÓSTICO**

En la planta de lácteos OASIS de la parroquia de Quimiag se producen en promedio mensual alrededor de 33.000 a 35.000 productos lácteos, sin contar con ningún tratamiento para las aguas residuales, que en esta industria son generadas.

Durante el procesamiento diario de lavado, refrigeración y desmoldado se generan una gran cantidad de residuos líquidos y sólidos, es así que se consume enormes cantidades de agua durante las diversas etapas del proceso, donde se generan la mayor cantidad de residuo con alto contenido de DBO, DQO y SST, de particular interés es el proceso de lavado que involucra: equipos, utensilios, pisos, mesones, entre otros, en lo que se utiliza detergentes que contaminan el agua si no son utilizados adecuadamente.

En el efluente final se puede encontrar sales, grasas, aceites, peróxidos, enzimas, y otros compuestos orgánicos de variada estructura, que provienen de las distintas etapas del proceso global. En general, los contaminantes del agua de descarga provienen principalmente del lavado (44.64 %), temporización (17.85%), salado y desmoldado (28.57 %).

El mayor aporte de la carga orgánica proviene de la etapa de lavado y desmoldado que aporta alrededor de 73.21 % del total de la DBO. La cantidad de agua empleada en los procesos varía en forma considerable, dependiendo del proceso específico y del equipamiento utilizado por la planta.

Al ser ésta la realidad de la empresa, se propone una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir el grado de contaminación a bajo costo y con un alto rendimiento en el tratamiento de agua residual.

## 2.5.2. DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

**Tabla 36: Datos de los Análisis Físicos Químicos del agua residual**

Parámetros	Expresados  Como	Unidad	Resultados				Resultado promedio	Valor límite permisible
			08/02/2013	21/02/13	07/03/13	21/03/13		
			M1	M2	M3	M4		
<b>Temperatura</b>	T	°C	18.6	18.88	18.32	18.10	18.47	<35
<b>Potencial de hidrogeno</b>	pH	Unidad pH	4.71	4.87	4.75	4.83	4.79	5 – 9
<b>Turbidez</b>	-	NTU	419.1	485.4	560.6	435.1	475.05	
<b>Conductividad</b>	-	µSiems/cm	913	1181	1653	942	971.75	
<b>Alcalinidad</b>	-	mg/L	50	55	52	60	54.25	
<b>Sólidos disueltos</b>	-	ml/L	601.5	732.22	1024.8	584	735.63	1.0
<b>Solidos sedimentables</b>		ml/L	6.2	5.4	9.2	7.4	7.05	
<b>Sólidos totales</b>	ST	mg/L	8736	7200	12032	9256	9306	1600
<b>Demanda química de oxígeno</b>	DQO	mg/L	6550	5700	6270	6100	6155	250
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	5220	4900	4450	5300	4967.5	100
<b>Aceites y grasas</b>	Soluble en hexano	mg/L	917.6	717.8	602.1	807.3	761.15	0.3

**Fuente: LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS**

### 2.5.3. DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL

**TABLA 37: Datos de los Análisis Microbiológicos del agua residual**

Parámetros	Expresados Como	Resultados				Resultado promedio Mn
		08/02/2013	21/02/13	07/03/13	21/03/13	
		M1	M2	M3	M4	
Temperatura	T	18.6	18.88	18.32	18.10	18.47
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1400	1350	1300	1350	1350
Coliformes Totales	UFC/100ml	5800	5800	5600	5750	5737,5

**Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos**

Las muestras fueron tomadas en punto final de descarga al cuerpo de agua dulce.

En la (tabla 36) se encuentran los resultados de los análisis físico – químicos de las aguas residuales de la planta de lácteos Oasis, los cuales al comparar con los límites de descarga expuestos en la tabla 19, se observa que se encuentran fuera del límite máximo permisible.

## 2.6. DETERMINACIÓN DE LAS DOSIFICACIONES POR EL TEST DE JARRAS

### 2.6.1. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LA CAL

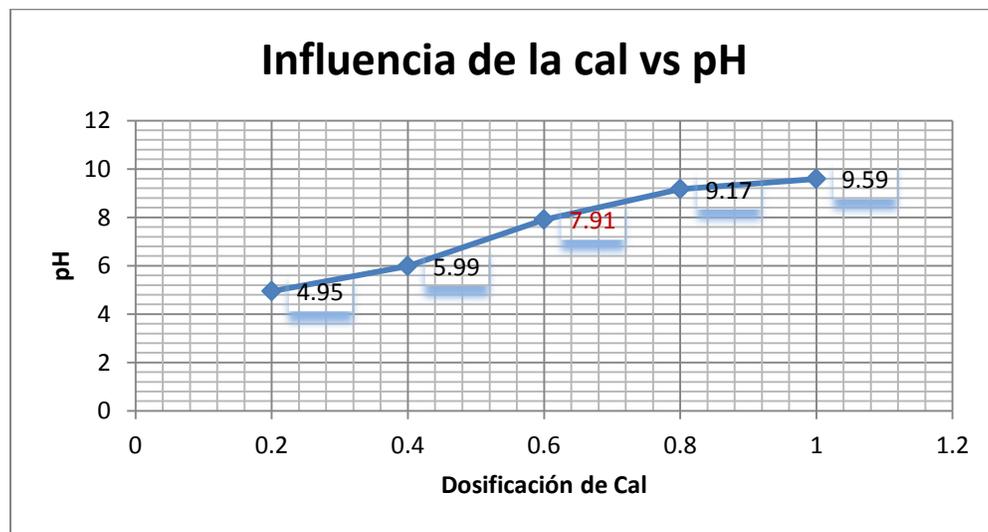
Se mantuvo constante la velocidad de agitación, variando la dosificación de la cal, tomando en cuenta que la turbidez del agua a tratar es de 475.05 NTU y pH de 4.71.

**Tabla 38:** Dosificaciones de la cal para encontrar el pH óptimo de tratamiento

Velocidad de mezclado			65 RPM por 1 min		
# de jarra con capacidad de 1000ml	pH del agua residual	Dosificación de la cal (gr)	Tiempo (min)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	4.71	0.2	5	4.95	480
2	4.71	0.4	5	5.99	486
3	4.71	0.6	5	7.91	491
4	4.71	0.8	5	9.17	495
5	4.71	1.0	5	9.59	503

Fuente: Sáenz, L., 2013

**Gráfico 1:** Variación de la dosis de la cal



Fuente: Sáenz, L., 2013

## 2.6.2. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL COAGULANTE

Se mantuvo constante la velocidad de agitación, variando la dosificación del coagulante, tomando en cuenta que la turbidez del agua a tratar es de 475.05 NTU y pH de 7.91.

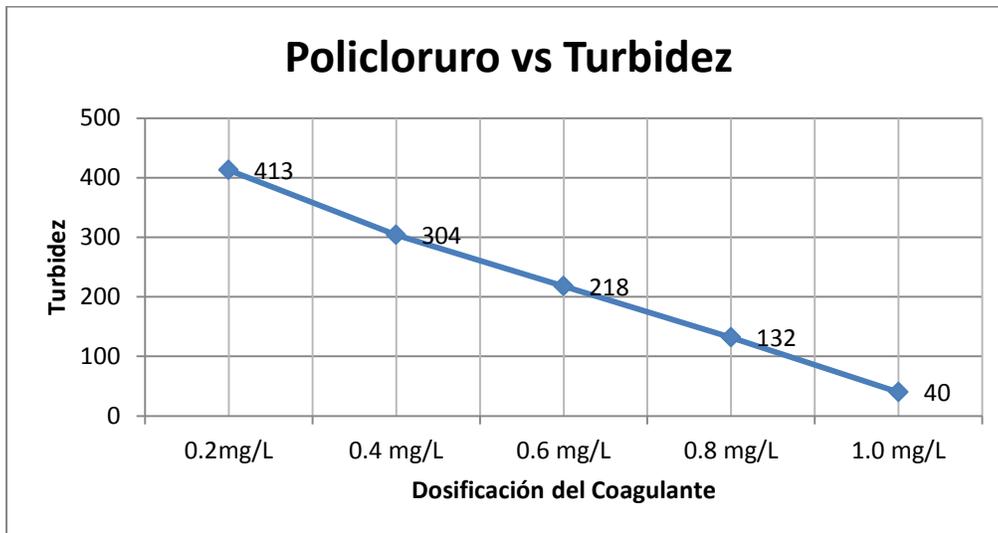
### 2.6.2.1. Dosificación de policloruro de aluminio al 25% (p/ v)

**Tabla 39: Variación de la dosificación del coagulante**

	Velocidad de mezclado			65 RPM por 5 min		
# de jarra con capacidad de 1000ml	pH del agua residual	Dosificación de la cal (gr)	Dosis de policloruro de aluminio al 25% (mL)	Tiempo de reposo (min)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7.91	0.6	0.2mg/L	30	7.93	413
2	7.91	0.6	0.4 mg/L	30	7.95	304
3	7.91	0.6	0.6 mg/L	30	7.97	218
4	7.91	0.6	0.8 mg/L	30	7.99	132
5	7.91	0.6	1.0 mg/L	30	8.01	40

**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

**Gráfico 2: Influencia del coagulante vs la turbidez**



**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

### 2.6.3. Influencia del pH en la coagulación química

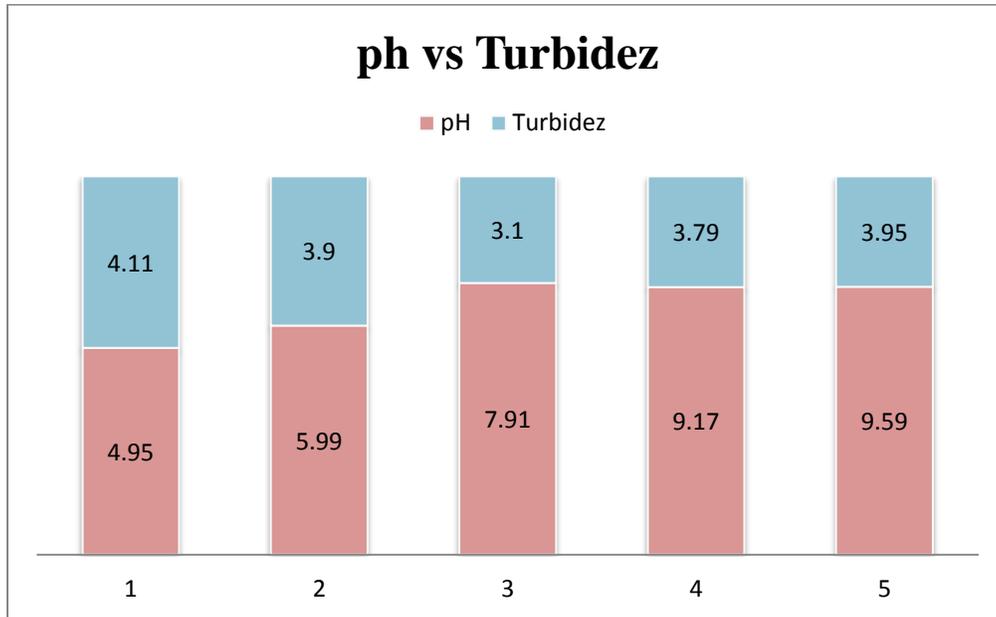
Esta prueba se lo realizo con el fin de ver la influencia que tiene el pH en el proceso de coagulación química, teniendo en cuenta que la turbidez inicial es de 475.05 y se utilizó (policloruró de aluminio 1000ppm), con variación de cal para modificar el pH.

**Tabla 40: Influencia del pH en la coagulación**

Velocidad de mezclado		60 RPM x 5 min		
Dosificación de la cal (gr)	pH del AR tratar	Tiempo (min)	Producción de lodo (mL)	Turbidez (NTU)
0.2	4.95	50	700	4.11
0.4	5.99	40	630	3.90
0.6	7.91	30	60	3.10
0.8	9.17	25	105	3.79
1.0	9.59	20	120	3.95

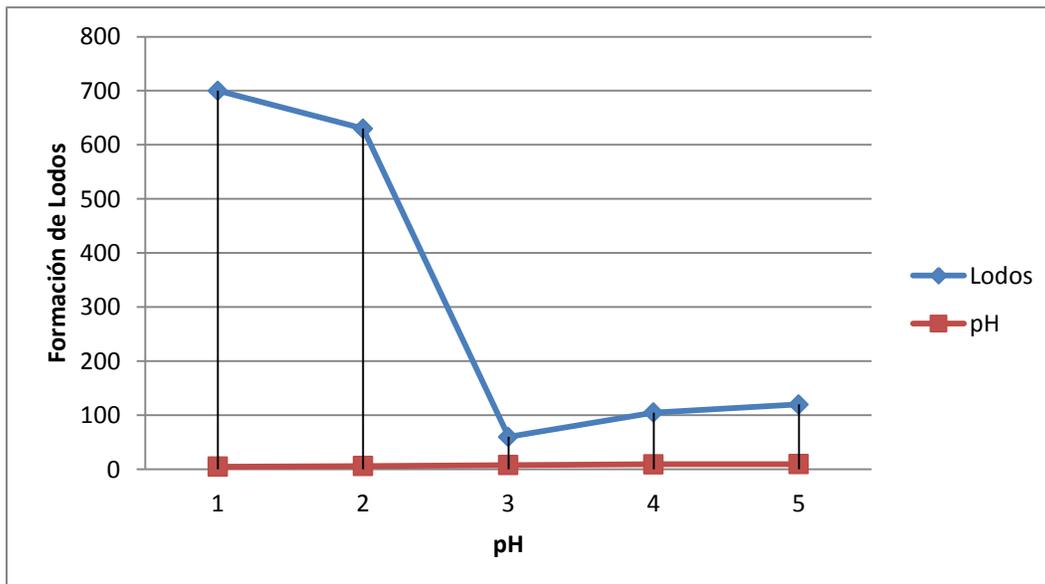
**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

**Grafico 3: Influencia del pH en la turbidez**



**Fuente: Sáenz, L., 2013**

**Gráfico 4: Influencia del pH en la formación de lodos**



**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

#### 2.6.4. Prueba de sedimentación

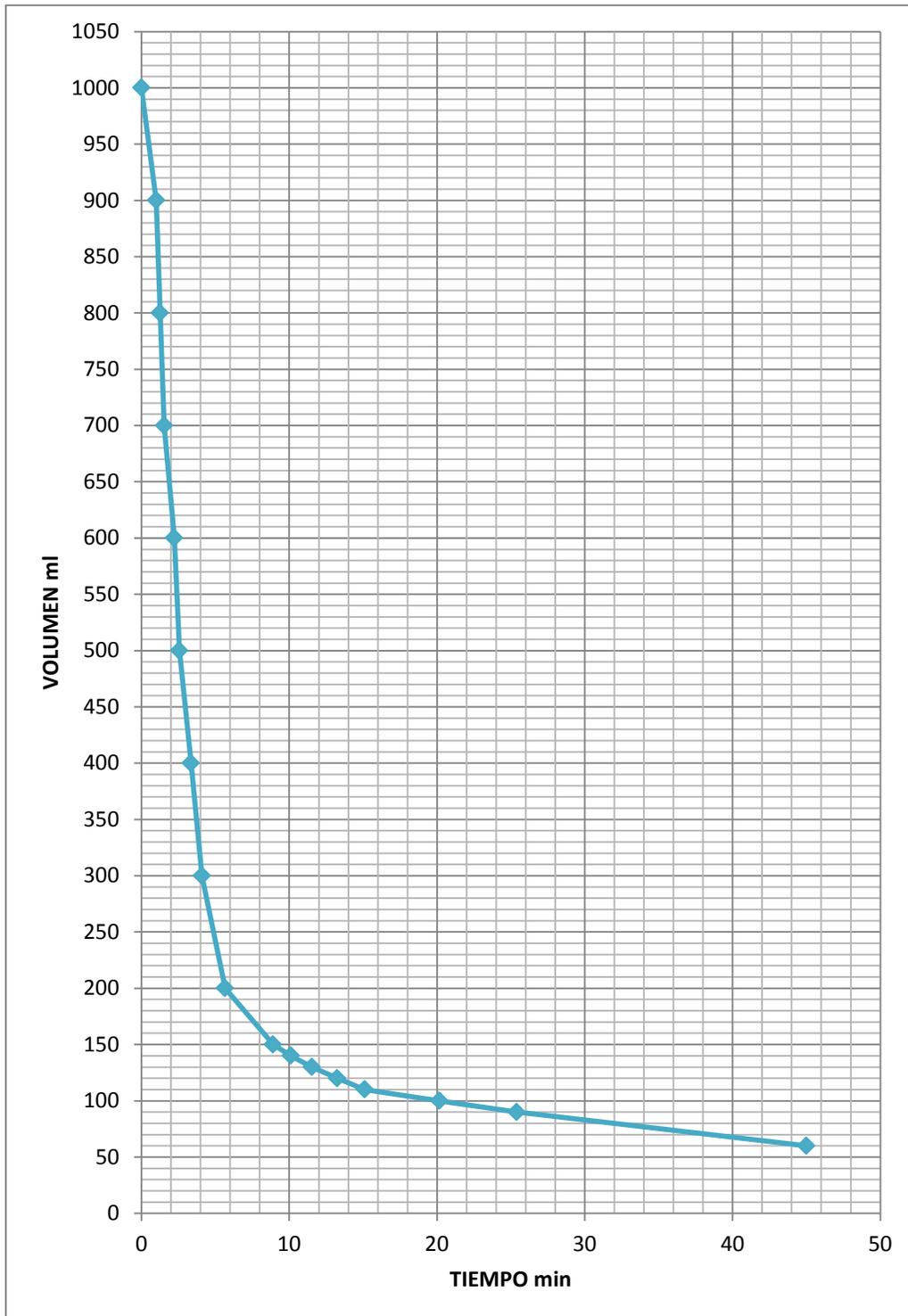
En esta prueba se tomó los valores de la cantidad de sedimento y el tiempo que tardan en sedimentar los floculos formados (policloruró de aluminio 1000 ppm y 0.6 g/L de cal)

**Tabla 41: Prueba de sedimentación**

<b>Volumen (mL)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>1000</b>	<b>0</b>
<b>900</b>	<b>1</b>
<b>800</b>	<b>1.26</b>
<b>700</b>	<b>1.54</b>
<b>600</b>	<b>2.22</b>
<b>500</b>	<b>2.57</b>
<b>400</b>	<b>3.36</b>
<b>300</b>	<b>4.10</b>
<b>200</b>	<b>5.66</b>
<b>150</b>	<b>8.91</b>
<b>140</b>	<b>10.11</b>
<b>130</b>	<b>11.54</b>
<b>120</b>	<b>13.25</b>
<b>110</b>	<b>15.11</b>
<b>100</b>	<b>20.17</b>
<b>90</b>	<b>25.40</b>
<b>60</b>	<b>45</b>

**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

**Gráfico 5: Curva de sedimentación**



**Fuente: Sáenz, L., 2013.**

## 2.7. RESULTADOS EXPERIMENTALES

### 2.7.1. Análisis físico-químico de agua después del tratamiento químico

Este análisis se realizó con el agua residual tratada y libre del sedimento formado en el tratamiento (policloruro de aluminio 1000 ppm y 0.6 g/L de cal)

**Tabla 42: Análisis Físico-químico de agua después del tratamiento químico**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Temperatura	°C	18.05
Potencial de hidrogeno	Unidad pH	7.91
Turbidez	NTU	3.10
Conductividad	μSiems/cm	620
Alcalinidad	mg/L	2.9
Sólidos disueltos	ml/L	406
Solidos sedimentables	ml/L	0.13
Sólidos totales	mg/L	820
Demanda química de oxígeno	mg/L	232
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	108
Aceites y grasas	mg/L	0.09

**Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos**

### **2.7.2. Resultados para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales**

El volumen de agua residual a tratar es de  $4.492\text{m}^3$ , tomando en cuenta que se va recoger por 4 horas laborales, el sistema funcionara 2 veces al día.

De acuerdo a los análisis físicos químicos de agua residual se pudo determinar que los parámetros a tomar muy en cuenta son: el pH básico (4.71) detergentes cuaternarios utilizados en la limpieza de equipos, la turbidez de (475.05 NTU) por la presencia de residuos de leche, sólidos totales (9306 mg/ L), sólidos disueltos (735.63 mg/L) por la presencia de materia orgánica provenientes de la leche, la  $\text{DBO}_5$  (4967.5 mg/L), grasas y aceites (761.15 mg/L) alto contenido de materia orgánica, la DQO (6155 mg/L) por la presencia de sustancias químicas.

La dosificación del coagulante es de 1000ppm, para reducir el tiempo de sedimentación de los flóculos se pudo determinar que con (0.6g/L) cal se aumenta el pH para obtener un lodo más compacto.

Después del tratamiento físico químico (coagulación con policloruro de aluminio 1000 ppm y 0.6 g cal/L) se realizó la caracterización de los parámetros más importantes y se obtuvo: el pH 7.78, una turbiedad 3.10 NTU, sólidos totales 820 mg/L,  $\text{DBO}_5$  108 mg/L, DQO 232 mg/L, grasas y aceites (0.09 mg/L), cuyos parámetros nos indica que podemos realizar un sistema exitoso de tratamiento.

El tiempo de retención real fue de 45 minutos, se determinó realizando la prueba de sedimentación, pero el tiempo de retención adecuado es de 30 minutos ya que en este instante más del 90% de los flóculos están formados.

# CAPITULO III

### **3. LINEA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE LACTEOS OASIS**

En la planta de Lácteos OASIS, se desarrolla una solución al problema de las aguas residuales vertidas directamente a un cuerpo de agua dulce, considerando varias alternativas se procederá a dimensionar un Sistema de Tratamiento que constara de 3 Operaciones unitarias.

- En el canal recolector central, encargado de llevar las aguas provenientes de los procesos.
- Una rejilla de limpieza manual ubicada en el canal central.
- Un tanque homogeneizador provisto de una paleta de barrido para eliminar la grasa.
- Un sedimentador circular primario provisto de una paleta para realizar un proceso de floculación.

El agua se tratara al final de cada media jornada laboral para evitar la aglomeración del residuo líquido en el tanque sedimentador primario y para el caso de las rejillas de limpieza, se removerá manualmente al final de cada jornada.

#### **3.2. CAUDAL DE DISEÑO**

##### **3.2.1. DETERMINACION DEL CAUDAL**

El consumo de agua en la planta de lácteos OASIS es de 10.800 L por día (tabla 21), el 90% de la misma se genera como agua residual producto de las operaciones realizadas en la planta es de (9.720 L), en las 8 horas laborables de la empresa.

a) **Cálculo de la velocidad del agua:** En base a la ecuación 2

De los datos obtenidos en la tabla 22, se tiene que  $L = 10 \text{ m}$  y  $t = 600 \text{ s}$

$$v = \frac{L}{t}$$

**Dónde:**

$v$  = velocidad del agua (m/s)

$L$  = longitud de la sección (m)

$t$  = tiempo (s)

$$v = \frac{10 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$v = 0.016 \text{ m/s}$$

b) **Cálculo del área de recorrido del agua:** En base a la ecuación 3.

$$A = b * h$$

**Dónde:**

$A$  = área de la sección ( $\text{m}^2$ )

$b$  = ancho del canal (m) = 0,40 m

$h$  = profundidad del agua (m) = 0,07 m

$$A = 0.35 \text{ m} * 0.07 \text{ m}$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

c) **Calculo del caudal real:** En base a la ecuación 4.

$$Qr = C * v * A$$

**Dónde:**

Qr = caudal real (m<sup>3</sup>/s)

C = factor de corrección = 0,7 (tabla 26)

v = velocidad del agua (m/s)

A = área de la sección

$$Qr = 0.7 * 0.016 \frac{m}{s} * 0.024 m^2$$

$$Qr = 0.00026 m^3/s$$

$$Qr = \frac{0.00026 m^3}{s} * \frac{60 s}{1min} * \frac{60 min}{1h}$$

$$Qr = 0.936 m^3/h$$

d) **Para calcular el caudal de diseño:** se emplea el factor de Seguridad (FM), que corresponderá al 20%

$$Qd = Qr + FM$$

$$Qd = 0.936 + (0.936 * 0.20)$$

$$Q = 1.123 m^3/h$$

### 3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL

a) **Cálculo para el área transversal del canal:** En base a la ecuación 5.

$$A = b * h$$

$$A = 0.40 \text{ m} * 0.10 \text{ m}$$

$$A = 0.04 \text{ m}^2$$

b) **Calculo del radio hidráulico:** En base a la ecuación 6.

$$R = \frac{b * h}{2 (b + h)}$$

$$R = \frac{0.40 \text{ m} * 0.10 \text{ m}}{2 (0.40 \text{ m} + 0.10 \text{ m})}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

c) **Calculo de la velocidad a la que transporta el agua residual:**

En base a la ecuación 7.

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0.012} 0.04^{\frac{2}{3}} \text{ m} \times 0.0005^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0.201 \text{ m/s}$$

### 3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL

a) **Cálculo del área de las rejillas:** En base a la ecuación 5.

$$A = b * h$$

$$A = 0.40 \text{ m} * 0.15 \text{ m}$$

$$A = 0.06 \text{ m}^2$$

**Dónde:**

A = área (m<sup>2</sup>)

b = base (m)

h = altura (m)

**b) Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja:** En base a la ecuación 8.

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

**Dónde:**

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

n = Coeficiente de Manning (0,012)

R = Radio hidráulico (m)

J = Gradiente hidráulico (0,005)

**c) Cálculo del radio hidráulico:** En base a la ecuación 9.

$$R = \frac{b * h}{2 (b + h)}$$

$$R = \frac{0.40 \text{ m} * 0.10 \text{ m}}{2 (0.40 \text{ m} + 0.10 \text{ m})}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

**Dónde:**

R = radio hidráulico

b = ancho del canal (m) = 0,40 m

h = profundidad (m) = 0,10 m

- **Solución del cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja:** La velocidad de aproximación del fluido hacia la reja se encuentra en el ábaco de la fórmula de Manning (anexo I), donde se une R = 0,04 y n = 0,0012 (tabla 27) y se proyecta la línea de referencia. Se une el punto situado en la línea de referencia con la pendiente = 0,005. La intersección de la escala de velocidad da v = 0,30 m/s.

**d) Cálculo del área entre barras:** En base a la ecuación 10.

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}}$$

$$A_L = \frac{0.0003 \text{ m}^3/\text{s}}{0.594 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,0005 \text{ m}^2$$

**Dónde:**

$A_L$  = área libre entre barras ( $\text{m}^2$ )

Q = caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v_{RL}$  = velocidad de entrada al área libre entre barras (m/s)

**e) Cálculo del área de la sección transversal del flujo:** En base a la ecuación 11.

$$A_f = A_L \left[ \frac{a + t}{a} \right]$$

**Dónde:**

$A_f$  = área de flujo ( $m^2$ )

$a$  = separación entre barras (mm)

$t$  = espesor de las barras (mm)

$A_L$  = área libre entre barras ( $m^2$ )

De acuerdo a la información de la tabla 14 se tiene que debe haber una separación entre barras de 3 cm

$$A_f = 0,0005 m^2 \left[ \frac{20 mm + 10 mm}{20 mm} \right]$$

$$A_f = 0,00075 m^2$$

**f) Cálculo de la longitud sumergida de la rejilla:** En base a la ecuación 12.

$$d_{max} = \left[ \frac{Q}{v_{RL} * b} \right]$$

$$d_{max} = \left[ \frac{0,0003 m^3/s}{0,594 m/s * 0,40m} \right]$$

$$d_{max} = 0,0001 m$$

**Dónde:**

$d_{max}$  = nivel máximo de agua (m)

$Q$  = caudal ( $m^3/s$ )

$v_{RL}$  = velocidad de aproximación (m/s)

$b$  = ancho de la rejilla (m)

**g) Para el cálculo de la longitud sumergida:** En base a la ecuación 13.

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } \theta}$$

**Dónde:**

$L_s$  = longitud sumergida de la rejilla (m)

$d_{max}$  = nivel máximo de agua (m)

$\theta$  = grado de inclinación de las rejillas

$$L_s = \frac{0,0001 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L_s = 0,00014 \text{ m}$$

**h) Cálculo del número de barras:** En base a la ecuación 15.

$$N = \frac{b - a}{a + t}$$

**Dónde:**

$N$  = número de barras

$b$  = ancho de la rejilla (mm)

$a$  = separación entre barras (mm)

$t$  = espesor de las barras (mm)

$$N = \frac{365 \text{ mm} - 20 \text{ mm}}{20 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm}}$$

$$N = 17 \text{ barras}$$

i) **Cálculo de pérdidas de carga en la rejilla:** En base a la ecuación 16.

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left[ \frac{V^2 - v^2}{2g} \right]$$

**Dónde:**

$g$  = aceleración por la gravedad =  $9.8 \text{ m/s}^2$

$C$  = Coeficiente de flujo

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

$v$  = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

j) **Cálculo de la velocidad de flujo:**

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

**Dónde:**

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

$Q$  = caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),

$A$  = area ( $\text{m}^2$ )

Proponiendo un caudal alto de  $0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$ , se tiene.

$$V = \frac{0,0003 \text{ m}^3/\text{s}}{0,024 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,0125 \text{ m/s}$$

**k) Cálculo de las pérdidas de carga, para condiciones con agua limpia:** A partir de la ecuación 16.

$$hL = \frac{1}{0,7} \left[ \frac{(0,0125 \text{ m/s})^2 - (0,20 \text{ m/s})^2}{2 (9,8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$hL = 0,002 \text{ m}$$

**l) Cálculo de las pérdidas de carga en las rejillas para condiciones en la que esta se encuentre obstruida:** Se calcula a partir de la ecuación 16.

La velocidad aumenta en proporción 100%/50%. Y si se supone que el coeficiente de flujo para la rejilla obstruida es de 0.6 aproximadamente las pérdidas de carga serán

$$hL = \frac{1}{C} \left( \frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

$$hL = \frac{1}{0,6} \left[ \frac{(0,0125 \text{ m/s})^2 - (0,20 \text{ m/s})^2}{2 (9,8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$hL = 0,003 \text{ m}$$

### 3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE HOMOGENEIZADOR

El volumen del depósito de homogeneización, depende del caudal vertido y del régimen de trabajo.

**a) Cálculo del área del homogeneizador:**

La altura del tanque se considera por diseño de construcción de 2 m.

$$A = \frac{Q * t}{h}$$

**Dónde:**

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

t= Tiempo de descarga (h)

h=Altura (m)

$$A = \frac{1.123 \frac{m^3}{h} * 4 h}{2 m}$$

$$A = 2,246 m^2$$

**b) Cálculo del volumen del homogeneizador:** En base a la ecuación 21.

$$V = Ah$$

$$V = 2,246 m^2 * 2m$$

$$V = 4,492 m^3$$

Multiplicando el volumen por un factor de seguridad del 20%, se tiene:

$$V = 4,492 m^3 * 20\%$$

$$V = 0,898 m^3$$

$$VT = 4,492 m^3 + 0,898 m^3$$

$$VT = 5,39 m^3$$

c) **Calculo del radio del homogenizador:** En base a la ecuación 19.

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{2.24 \text{ m}^2/\pi}$$

$$r = 0.84 \text{ m}^2$$

d) **Calculo del Diámetro del homogenizador:** En base a la ecuación 20.

$$\phi = 2 * r$$

$$\phi = 2 * 0.84 \text{ m}^2$$

$$\phi = 1.70 \text{ m}^2$$

### 3.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA

a) **Cálculo de la potencia de la paleta del homogeneizador.** En base a la ecuación 17.

$$P = \gamma Qh$$

Dode.

P = potencia disipada (kW)

$\gamma$  = peso específico del agua (kN/m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

h = pérdidas de energía disipada por el fluido en su paso por el mezclador estático (m)

$$P = \left(1 \frac{kN}{m^3}\right) * \left(0,0003 \frac{m^3}{s}\right) * 0,003m$$

$$P = 0,0000009 \text{ kW}$$

$$P = 0,00009 \text{ W}$$

La velocidad de rotación se asumirá un valor de 60 RPM, a esta velocidad la turbulencia generada no es tan alta, así evitaremos que los flóculos que se formen no se rompan,

mientras que la longitud y el área será dimensionada de acuerdo al dimensionamiento que tenga el Sedimentador primario, la cual debe estar separado mínimo 5 cm del fondo y 10 cm de las paredes.

- a) **Gradiente de velocidad del fluido:** En base a la ecuación 31, este valor lo observamos en la tabla 15 para procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual y se encuentra entre 30 y 60 min.

$$G = 0.25 * n^{1.25}$$

$$G = 0.25 * 60^{1.25}$$

$$G = 41.747 \text{ s}^{-1}$$

- b) **Potencia disipada en la mezcla:** En base a la ecuación 30.

➤  $\mu = 1.063 * 10^{-3} \text{ N*s/m}^2$  a 18 °C correspondiente a la temperatura del lugar

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

$$P = (41.747)^2 * (1.063 * 10^{-3}) * 5.646 \text{ m}^3$$

$$P = 0.98 \text{ KW}$$

$$P = 1.50 \text{ HP}$$

- d) **Cálculo del diámetro del impulsor:** En base a la ecuación 22.

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$d_i = \frac{1,70 \text{ m}}{3}$$

$$d_i = 0,56 \text{ m}$$

**Dónde:**

$d_i$  = Diámetro del impulsor (m)

**e) Cálculo de la altura del impulsor respecto del fondo:** En base a la ecuación 23.

$$H_i = d_i$$

$$H_i = 0,56 \text{ m}$$

**Dónde:**

$H_i$  = Altura del impulsor respecto del fondo (m)

**f) Cálculo del ancho de las palas del impulsor:** En base a la ecuación 24.

$$q = \frac{1}{5} \text{ del } d_i$$

$$q = \frac{0,56}{5}$$

$$q = 0,112 \text{ m}$$

**g) Cálculo de la longitud de las palas del impulsor:** En base a la ecuación 25.

$$l = \frac{1}{4} \text{ del } d_i$$

$$l = \frac{0,56 \text{ m}}{4}$$

$$l = 0,14 \text{ m}$$

**Dónde:**

$l$  = Longitud de las palas (m)

**h) Cálculo de la longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central:** En base a la ecuación 26.

$$l_{DC} = \frac{1}{2}$$

$$l_{DC} = \frac{0,14 \text{ m}}{2}$$

$$l_{DC} = 0,07 \text{ m}$$

**Dónde:**

$l_{DC}$  = Longitud de las palas montadas en el disco central.(m)

**i) Cálculo del diámetro del disco central:** En base a la ecuación 28.

$$s = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$s = \frac{1,62 \text{ m}}{4}$$

$$s = 0,405 \text{ m}$$

**j) Cálculo de espesor de las paletas:** Ya que el impulsor gira con velocidad angular constante ( $\omega$ ), la velocidad lineal varía con respecto al radio, por lo que partimos de la ecuación 29.

$$F_D = \frac{C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r)}{2}$$

**Dónde:**

$q$  = Ancho de las paletas (m)

A la Ec. 29 multiplicamos a ambos lados por  $dr$  e integrando los límites  $r_1$  y  $r_2$ , en donde se obtiene el valor del momento con respecto al punto  $O'$  por lo que se tiene:

$$r_1 = 0,27 - (0,132)$$

$$r_1 = 0.204 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.27 \text{ m}$$

Para determinar  $C_D$  (Figura 5)

$$l = 0,138 \text{ m}$$

$$q = 0,108 \text{ m}$$

$$C_D = 1,2$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\omega = 60 \text{ RPM}$$

$$\int_{r_1}^{r_2} F_D dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r) dr$$

$$M_{O'} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} C_D \rho (\omega^2 r^2) (q * r) dr$$

$$M_{O'} = \frac{1}{2} (C_D) (\rho) (\omega)^2 (q) \int_{0,204}^{0,27} (r^3) dr$$

$$M_{O'} = 4,700 \text{ Nm}$$

Este  $M_{O'}$  lo reemplazamos en la ecuación 28:

$$e = \sqrt{\frac{6 * 2 * 4,7 \text{ Nm}}{(241 * 10^6 \text{ Pa}) * 0,108 \text{ m}}}$$

$$e = 0,00147 \text{ m}$$

$$e = 1,47 \text{ mm}$$

**Dónde:**

$$I = \text{Inercia} = I = \frac{q * e^3}{12}$$

$M_{O'}$  = Momento con respecto al punto O

e = Espesor

n = Factor de seguridad 2

$S_y$  = Fluencia del acero inoxidable AISI 304 = 241 MPa.

Por su fácil adquisición en el mercado ecuatoriano se asume un espesor de 3 mm

### 3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIA

**a) CALCULO DEL ÁREA SEDIMENTADOR:** Para determinar el área del Sedimentador primario el valor de la carga superficial se asumió un valor de  $14 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d}$ ,

debido a que se va a realizar un proceso de coagulación química con poli cloruro de aluminio (Tabla 16). En base a la ecuación 33.

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

$$A = \frac{4.492 \text{ m}^3/\text{d}}{1.4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}}$$

$$A = 3.20 \text{ m}^2$$

Proponiendo una relación ancho/largo de 4 a 1, se calcula entonces el largo y el ancho del tanque, se utiliza la ecuación 37.

$$a = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$a = \sqrt{\frac{3.20 \text{ m}^2}{4}}$$

$$a = 0.89 \text{ m}$$

Por lo tanto el largo será:

$$\text{largo} = 4 \text{ ancho}$$

$$\text{largo} = 4 (0.89 \text{ m})$$

$$\text{largo} = 3.56 \text{ m}$$

La nueva carga superficial será:

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

$$CS = \frac{4.492 \text{ m}^3/\text{día}}{0.89 \text{ m} * 3.20 \text{ m}}$$

$$CS = 1.57 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

**b) CÁLCULO DEL RADIO DEL SEDIMENTADOR:** En base a la ecuación 20.

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{3.20 \text{ m}^2/\pi}$$

$$r = 1.01 \text{ m}^2$$

**c) CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR:** En base a ecuación 19.

$$\phi = 2 * r$$

$$\phi = 2 * 1.01 \text{ m}^2$$

$$\phi = 2.02 \text{ m}^2$$

**d) CÁLCULO DE LA ALTURA DEL SEDIMENTADOR:**

Como el caudal del agua residual a tratar en este caso van a ser de media jornada diaria que comprende de 4 horas laborales, se ha considerado diseñar un sedimentador de  $5 \text{ m}^3$  de capacidad, en base a la ecuación 21 despejamos

$$H = \frac{V}{A}$$

$$H = \frac{5 \text{ m}^3}{3.20 \text{ m}^2}$$

$$H = 1.56 \text{ m}$$

**e) CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE SEDIMENTADOR:** En base a la ecuación 34.

$$V = l * a * h$$

$$V = 4 \text{ m} * 0.80 \text{ m} * 1.56 \text{ m}$$

$$V = 4.99 \text{ m}^3$$

$$V = 4.99 \text{ m}^3 * 15\%$$

$$V = 4.99 \text{ m}^3 + 0.736$$

$$V = 5.72 \text{ m}^3$$

**f) TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO:** En base a la ecuación 38.

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

$$\text{Tr} = \frac{5 \text{ m}^3}{1.123 \text{ m}^3/h}$$

Para el tiempo de retención hidráulico se toma en cuenta el caudal de 4 horas, que se refiere a la media jornada laboral de la empresa.

$$\text{Tr} = \frac{5 \text{ m}^3}{4.492 \text{ m}^3/h}$$

$$\text{Tr} = 1.11 \text{ h}$$

**g) TIEMPO DE RETENCIÓN REAL**

Para determinar el tiempo de retención real se realizó la prueba de sedimentación de los flocos (coagulación-floculación con policloruro de aluminio a 1000ppm y 0.6g cal/L). El tiempo óptimo de decantación de los flocos es de 30 minutos, en este tiempo más del 90 % de los flocos formados ya se precipitaron, como se puede observar en el (grafico 1: curva de sedimentación).

**h) CALCULO DE LA VELOCIDAD DE ARRASTRE:** En base a la ecuación 40.

$$V_h = \left( \frac{8 * K(s - 1)g * d}{f} \right)^{1/2}$$

Los valores más comunes de k son 0.04 para arena unigranular, 0.06 para materia más agregada. El factor de **Darcy-Weisbach** depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo del número de Reynolds, sus valores típicos están entre 0.02 y 0.03. Tanto k y f, son constantes a dimensionales según Metcalf & Eddy:

La velocidad de arrastre se calcula asumiendo lo siguientes valores

- ❖ k= 0.04
- ❖ S= 1.25
- ❖ g= 9.8 m<sup>2</sup>/s
- ❖ d= 100 μm
- ❖ f= 0.025

$$V_h = \left( \frac{8 * 0.04 * (1.25 - 1) * 9.8 \frac{m^2}{s} * (1 * 10^{-4})m}{0.025} \right)^{1/2}$$

$$V_h = 0.19 \text{ m/s}$$

### **i) DESEMPEÑO DEL SEDIMENTADORES**

Asumimos los valores de las constantes a y b (Tabla 18), y el tiempo de retención real es de 30 minutos.

- ✓ Calculo de la Remoción teórica de  $DBO_5$ : en base a la ecuación 39

$$R = \frac{Tr}{a+b*Tr}$$

$$R = \frac{71 \text{ min}}{0.018 + (0.020 * 71 \text{ min})}$$

$$R = 49.37 \%$$

- ✓ Calculo de la Remoción teórica de SST: en base a la ecuación 39.

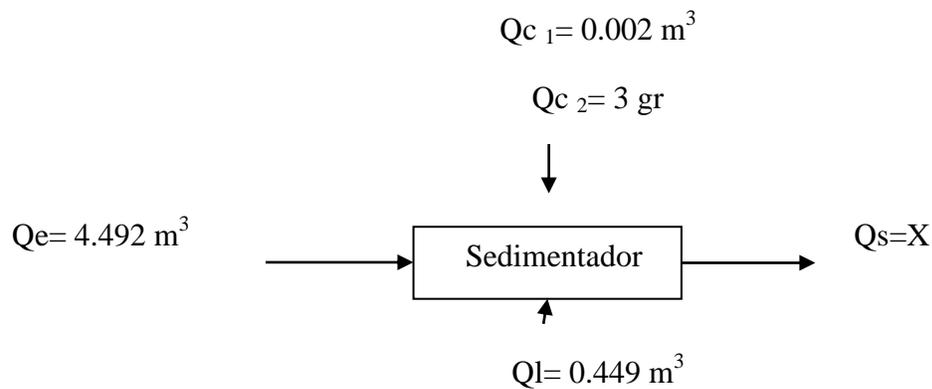
$$R = \frac{Tr}{a+b*Tr}$$

$$R = \frac{1.11}{0.0075 + (0.014 * 1.11)}$$

$$R = 70.89\%$$

#### **j) BALANCE PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO**

Los sedimentadores primarios se diseñan para una separación determinada normalmente 40- 60 % de los sólidos en suspensión en el vertido de entrada.



**Dónde:**

- ✓  $Q_e$  = Entrada del caudal de agua a tratar ( $m^3$ )
- ✓  $Q_{c1}$  = Entrada de solución de policloruro de aluminio ( $m^3$ )

- ✓  $Q_{c_2}$  = Entrada de Oxido de calcio(**gr**)
- ✓  $Q_s$  = Salida del proceso del efluente (**m<sup>3</sup>**)
- ✓  $Q_l$  = salida del sedimento generado por el proceso (**m<sup>3</sup>**)

Desarrollando tenemos:

$$Q_e + Q_c = Q_s + Q_l$$

$$4.492 + 0.002 = Q_s + 0.449$$

$$4.494 - 0.449 = Q_s$$

$$Q_s = 4.0 \text{ m}^3$$

**Nota:** Los datos calculados en el balance fueron obtenidos experimentalmente en el laboratorio de Análisis Técnicos en la Facultad de Ciencias y maximizados al diseño requerido.

### 3.8. Resumen de los Equipos Diseñados

#### 3.8.1. Canal

**Tabla 43: Resumen del dimensionamiento del canal**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Resultado
Caudal de diseño	Q	m <sup>3</sup> /d	1123
Capacidad	V	m <sup>3</sup>	5.0
Área	A	m <sup>2</sup>	0.04
Altura	H	m	0.10
Radio	r	m	0.04
Velocidad del agua	V	m/s	0.201

**Fuente: Sáenz. L., 2013.**

### 3.8.2. Rejilla

**Tabla 44: Resumen del dimensionamiento de la rejilla**

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Caudal de diseño	Q	m <sup>3</sup> /d	4.492
Área de la Rejilla	A	m <sup>2</sup>	0.06
# de barras	N	m <sup>2</sup>	17
Espacio entre barras	a	m	0.05
Velocidad de aproximación del fluido a la reja	v	m/s	0.30
Perdidas de carga en la rejillas	hl	m	0.002

Fuente: Sáenz, L., 2013.

### 3.8.3. Homogeneizador

**Tabla 45: Resumen del dimensionamiento del Homogeneizador**

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Caudal de diseño	Q	m <sup>3</sup> /d	4.492
Capacidad	V	m <sup>3</sup>	5.0
Área	A	m <sup>2</sup>	2.246
Altura	H	m	2
Radio	r	m	0.84
Diámetro	$\phi$	m	1.70

Fuente: Sáenz. L. 2013.,

### 3.8.4. Paleta

**Tabla 46: Resumen del dimensionamiento de la paleta**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Resultado
Gradiente de velocidad	G	s <sup>-1</sup>	60
Potencia disipada	P	HP	1.5
Área	A	m <sup>2</sup>	0.045
Longitud	l	m	1.50
Ancho	Ac	m	0.20

Fuente: Sáenz. L. 2013.,

### 3.8.5. Sedimentador primario

**Tabla 47: Resumen del dimensionamiento del sedimentador primario**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Resultado
Caudal de diseño	Q	m <sup>3</sup> /d	4.492
Capacidad	V	m <sup>3</sup>	5.0
Área	A	m <sup>2</sup>	3.20
Altura	H	m	1.56
Radio	r	m	1.01
Diámetro	$\phi$	m	2.02
Tiempo de retención	Tr	h	1.11

Fuente: Sáenz. L. 2013.,

### 3.9. PROPUESTA

Para tratar este tipo de efluentes generados por la industria láctea “OASIS” en cada uno de sus etapas, se propone el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual con la finalidad de disminuir la carga contaminante, para que así esta agua pueda cumplir con los niveles establecidos por el TULAS, anexo VI, (tabla 19).

Por lo cual se propone el siguiente sistema de tratamiento (Anexo I), la cual consta de los siguientes componentes:

- Recolección del agua residual proveniente del proceso de elaboración del queso, la cual pasa por un canal de  $0.04 \text{ m}^2$ , aquí se ubicó un sistema de rejillas de limpieza manual, ubicada a 0.50 m desde el inicio del canal. Las rejillas constan de 13 barras con una separación de barras de 1 cm, estas rejillas se diseñaron con el fin de retener la mayor cantidad de sólidos posibles (tierra, pedazos de queso, etc.)
  
- Un tanque de homogeneización en donde se va a realizar una mezcla de las aguas residuales provenientes de los diferentes procesos de la planta, el cual fue diseñado para con una capacidad de  $5 \text{ m}^3$ , a una profundidad de 2 m, donde se implementa una paleta homogeneizadora de una potencia de 1.5 HP. Donde se tratara el agua con policloruro de aluminio al 25% (P/V) con una dosificación de 1 mg/L y un tiempo de residencia de 30 min, en el cual se pretende remover el 49.37% de DBO y el 70.89% de SST.

- Un tanque de sedimentación, con una capacidad de 5 m<sup>3</sup>, con una profundidad de 1.56 m, permitirá que el agua homogeneizada sedimente por gravedad y por acción del Policloruro de aluminio.
- El agua tratada se dejara correr para su reutilización en los terrenos aledaños, y los lodos se procederán a desalojar del sedimentador para su disposición final.

### 3.9.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos, con muestras de agua provenientes de los distintos procesos: Limpieza de equipos, Temporalización, Desmoldado.

**Tabla 48: Análisis de resultados**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ANTES DEL TRATAMIENTO</b>	<b>DESPUÉS DEL TRATAMIENTO</b>	<b>% REDUCCIÓN</b>
Temperatura	°C	18.32	18.05	-
Potencial de hidrogeno	Unidad pH	4.75	7.91	-
Turbidez	NTU	560.6	3.10	99.44
Conductividad	µSiems/cm	1653	620	62.49
Alcalinidad	mg/L	52	2.9	94.42

Sólidos disueltos	ml/L	1024.8	406	61.06
Sólidos sedimentables	ml/L	9.2	0.13	98.58
Sólidos totales	mg/L	12032	820	93.18
Demanda química de oxígeno	mg/L	6270	232	96.29
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	4450	108	97.57
Aceites y grasas	mg/L	602.1	0.09	99.9

**Fuente:** Sáenz. L. 2013.,

Según los resultados de los análisis del agua residual antes y después del tratamiento, se puede indicar, que el agua proveniente de los diferentes procesos de la industria de lácteos OASIS, se obtiene una remoción del DQO del 96.29 %, DBO<sub>5</sub> 97.57%, sólidos totales del 93.18%, grasas y aceites 99.9 %.

Obteniéndose de esta manera un agua tratada que puede ser descargada, puesto que cumple con los límites de descarga establecidos en el TULAS, anexo VI, tabla 12.

### **3.10. DISCUSIÓN**

Mediante el trabajo realizado en las Etapas de Proceso antes mencionadas en la planta de Lácteos "OASIS." de la comunidad de Guzo, se ha llegado a obtener los resultados buscados, de los parámetros característicos del agua residual que se precisaba disminuir,

para que dicha agua pueda ser descargada al efluente de agua dulce, cumpliendo así con los límites de descarga establecidos en el TULAS, anexo VI, tabla 12.

El objetivo principal fue determinar, analizar y dar una solución al agua residual, para esto se realizó ensayos en el laboratorio, test de jarras con los cuales se logró determinar la dosis para obtener un pH óptimo de floculación, para obtener resultados requeridos (Policloruro de Aluminio).

Los beneficios que el diseño del sistema de tratamiento de agua residual posee son básicamente ambientales, ya que desde el punto de vista económico los sistemas de tratamiento de agua residual destinadas a minimizar y/o evitar la generación de residuos, no con llevan beneficios por lo contrario representan gastos económicos, de ahí la importancia de agotar las posibilidades de implementar medidas de producción más limpia.

# CAPITULO IV

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Al caracterizar el agua residual de la Planta de Lácteos OASIS, se obtuvo resultados de: 4967.5 mg/L de DBO<sub>5</sub>, 6155 mg/l de DQO, 475.05 NTU de turbiedad, 9306 mg/l de SST, 971.75 μS/cm de conductividad y 735.63 mg/l de Sólidos Disueltos, 5737.5 UFC/ 100ml de Coliformes Totales, los cuales se encuentran fuera de los niveles para su descarga final que están establecidos en el TULAS (tabla 12).
- En base a los resultados de la caracterización del agua residual, el tratamiento adecuado es, una operación unitaria de tamizado, un tratamiento físico-químico (coagulación-floculación), y una sedimentación
- Con la alternativa planteada se tiene una eficiencia de 97.57 % del DBO<sub>5</sub>, 96.29 % de DQO, 93.18% de SST, se disminuye la turbidez a 3.10 NTU, y se mantiene el pH a 7.91, estos valores cumplen con la norma planteada en la presente investigación TULAS tabla 12 para descargas a un cuerpo de agua dulce.
- Se dimensiono el sistema de tratamiento de agua residual, que consista de un canal de capacidad de 5 m<sup>3</sup>, con una rejilla en su estructura central a una inclinación de 45°, un homogenizador con capacidad para 5 m<sup>3</sup> y se acondicionara una paleta de 1.50 HP, en el cual se va a añadir floculante (Policloruro de Aluminio, concentración 1000 ppm para la mitigación del agua residual), y un sedimentador de 5 m<sup>3</sup> para formación de lodos.

- Se caracterizó el agua tratada en el sistema de tratamiento de la Planta de Lácteos OASIS, se obtuvo resultados de: 108 mg/L de DBO<sub>5</sub>, 232 mg/l de DQO, 3.1 NTU de turbiedad, 820 mg/l de SST, 620 μS/cm de conductividad y 0.09 mg/l de aceites y grasas.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Mantener un control del agua residual que se genera ya que se puede darse modificaciones considerables de los parámetros, para que el sistema propuesto funcione adecuadamente.
- Hacer análisis frecuentes al agua tratada para verificar que el sistema de tratamiento está operando adecuadamente.
- El lodo generado como subproducto del tratamiento puede ser destinado para la agricultura por su alto contenido de materia orgánica, previo a un estudio de aplicabilidad.
- Realizar una limpieza diaria principalmente del sistema de rejillas. cajas de retención, para obtener un buen tratamiento.
- Implementar en la planta de lácteos el diseño del tratamiento de aguas residuales propuesto.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.** Calidad y tratamiento del agua.  
1a.ed. Barcelona, McGraw-Hill, 2002. Pp. 3-15.
  
- 2.- ARBOLEDA, J.** Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá, Nomos, 2003.  
Pp. 11-64.
  
- 3.- APHA, AWWA, WPCF.** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y  
residuales. 17a ed. Madrid, 1992. Pp. 95 – 110.

**4.- CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCION LIMPIA.**

Plan de acción para el Mediterráneo. Prevención de la contaminación en la industria láctea, 5.a.ed. Barcelona, 2002. Pp. 42-69.

**5.- CRITES, R.y TCHOBANOGLOUS, G.**Tratamientos de aguas residuales en pequeñas

poblaciones. Bogotá, McGraw-Hill, 2000. Pp. 33, 42 - 44, 46 – 90.

**6.- ECUADOR.** Ministerio del Ambiente., Texto Unificado de Legislación Secundaria

(TULAS): límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Vol. 6, Tabla 12, Pp. 2.

(Documento)

**7.- ERAZO, P.** Diseño y construcción de mezcladora industrial. Tesis., Ing. Mecánico.,

Guayaquil. Facultad de Ingeniería Mecánica., Escuela Superior Politécnica del Litoral,

2011. Pp. 22 - 79.

**8.- FERNANDEZ A.** Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid,

McGraw-Hill, 2006. Pp. 64-52.

**9.- METCALF, y EDDY, INC.** Ingeniería de aguas residuales. 3.a.ed. Sevilla, McGraw

Hill, 1995. Pp. 41 - 60.

**10.-RAMALHO, R.** Tratamiento de aguas residuales. 2.a.ed. Sevilla, Reverté, 2003. Pp.

77 – 90.

**11.-ROMERO, J.** Calidad del agua. 3.a.ed. Bogotá, Alfa omega, 2009. Pp. 155 –175.

# ANEXOS

### Anexo 1. Instalaciones



(a)



(b)



(c)

<b>NOTAS</b>  a) Limpieza de la planta b) Proceso c) Limpieza de reja central	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Sáenz Luis	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
	Certificado	Por eliminar		<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
	Por aprobar	Para informar		26/08/13	01	1:1
Aprobado	Por calificar					

## Anexo 2. Muestreo



(a)



(b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales		
a) Muestra para análisis físico-químico y microbiológico	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
b) Puntos de vertido del agua	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	26/08/13	01	1:1
	Aprobado	Por calificar	Sáenz Luis			

### Anexo 3. Análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales				
Análisis previo al tratamiento	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA	
	Por aprobar	Para informar		ESCUELA DE ING. QUÍMICA	26/08/13	01	1:1
	Aprobado	Por calificar		Sáenz Luis			

### Anexo 4. Tratabilidad del agua residual



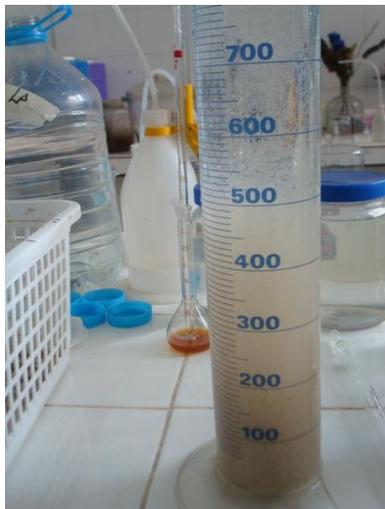
(a)



(b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
a) Dosificación de cal	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE ING. QUÍMICA  Sáenz Luis	FECHA	LÁMINA	ESCALA
b) Dosificación de Policloruro de Aluminio	Por aprobar	Para informar		26/08/13	01	1:1
	Aprobado	Por calificar				

### Anexo 5. Prueba de sedimentación



(a)



(b)



(c)

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Sáenz Luis	Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales		
			<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
a) 3.5 min b) 20 min c) 45 min	Certificado    Por eliminar  Por aprobar    Para informar  Aprobado    Por calificar		26/08/13	01	1:1

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Luis Sáenz

Fecha de Análisis: 08 de Febrero del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 13 de Febrero del 2013

Tipo de muestras: Agua residual Industria de lácteos "OASIS"

Localidad: Guzo, Parroquia Quimiag, Cantón Riobamba

Código; LAT/025-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	4.71
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		1281
Alcalinidad	mg/L	2320-C		500
Turbiedad	UNT	2130-B		119.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	6250
Sólidos Disueltos	mg/L	2530-D		
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	
Aceites y Grasas	mg/L	2510-B	0.3	0.4

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

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Luis Sáenz

Fecha de Análisis: 21 Febrero del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 26 de Febrero del 2013

Tipo de muestras: Agua residual Industria de lácteos "OASIS"

Localidad: Guzo, Parroquia Quimiag, Cantón Riobamba

Código; LAT/030-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.13
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		547
Alcalinidad	mg/L	2320-C		300
Turbiedad	UNT	2130-B		287
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	3640
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1330
Sólidos Disueltos	mg/L	2530-D		340
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	1276.0
Aceites y Grasas	mg/L	2510-B	0.3	

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

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Luis Sáenz

Fecha de Análisis: 07 de Marzo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 12 de Marzo del 2013

Tipo de muestras: Agua residual Industria de lácteos "OASIS"

Localidad: Guzo, Parroquia Quimiag, Cantón Riobamba

Código; LAT/042-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	4.75
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		1653
Alcalinidad	mg/L	2320-C		680
Turbiedad	UNT	2130-B		660
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	6270
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	4450
Sólidos Disueltos	mg/L	2530-D		824
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	14232
Aceites y Grasas	mg/L	2510-B	0.3	

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

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Luis Sáenz

Fecha de Análisis: 21 Marzo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 26 de Marzo del 2013

Tipo de muestras: Agua residual Industria de lácteos "OASIS"

Localidad: Guzo, Parroquia Quimiag, Cantón Riobamba

Código; LAT/046-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		
Alcalinidad	mg/L	2320-C		
Turbiedad	UNT	2130-B		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	
Sólidos Disueltos	mg/L	2530-D		
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	
Aceites y Grasas	mg/L	2510-B	0.3	

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

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Sr. Luis Sáenz		CODIGO: *59 -13
DIRECCION: ESPOCH		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-02-08		
FECHA DE MUESTREO: 2013-02-08		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: blanquecino		
OLOR: lácteo		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1400
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	5800
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-02- 08		
FECHA DE ENTREGA: 2013-02- 11		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.		
Dra. Fabiola Villa		

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

\*La muestra es receptada en el laboratorio

Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Sr. Luis Sáenz		CODIGO: *78 -13
DIRECCION: ESPOCH		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-02-21		
FECHA DE MUESTREO: 2013-02-21		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: blanquecino		
OLOR: lácteo		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1350
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	5800
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-02- 21		
FECHA DE ENTREGA: 2013-02- 23		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.		
Dra. Fabiola Villa		

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

\*La muestra es receptada en el laboratorio



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Sr. Luis Sáenz		CODIGO: *91 -13
DIRECCION: ESPOCH		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-03-07		
FECHA DE MUESTREO: 2013-03-07		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: blanquecino		
OLOR: lácteo		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1300
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	5600
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-03- 07		
FECHA DE ENTREGA: 2013-03- 10		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.		
 Dra. Fabiola Villa		

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

\*La muestra es receptada en el laboratorio



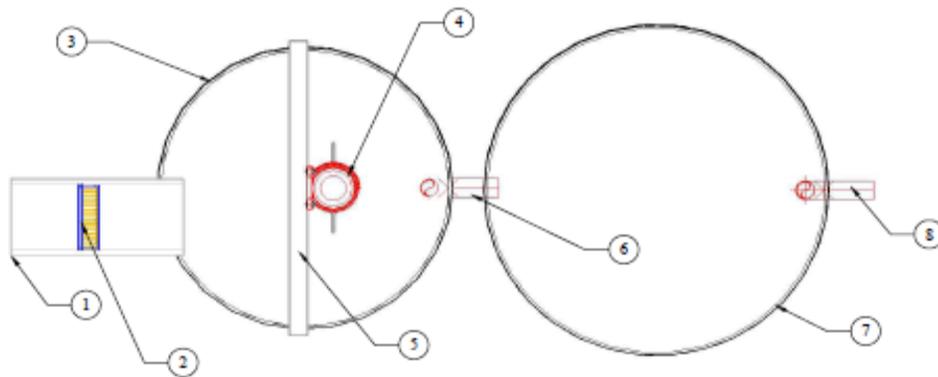
Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

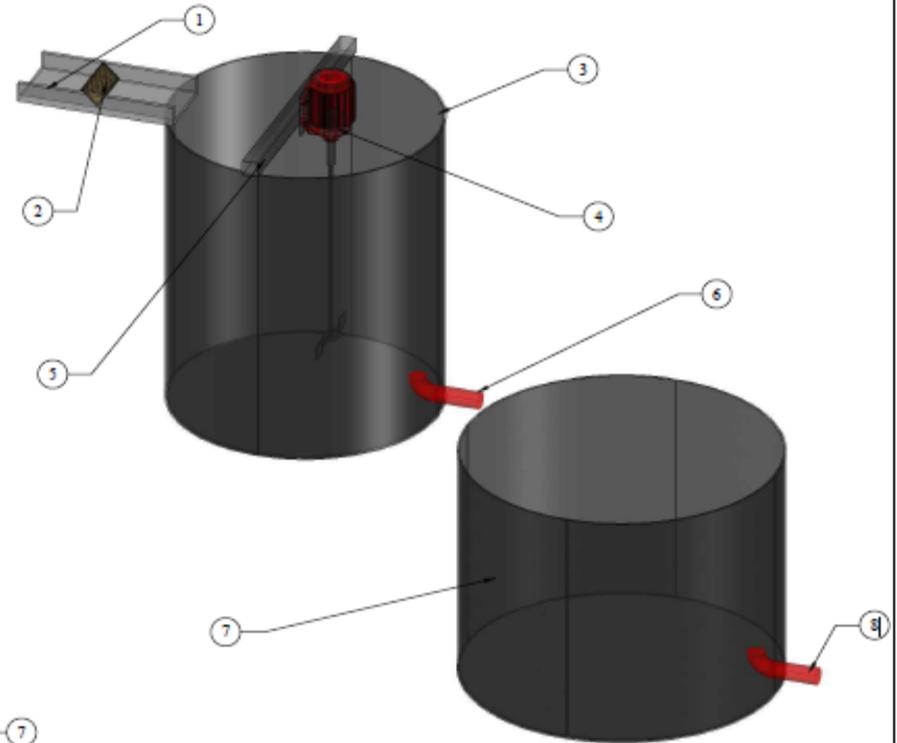
CLIENTE: Sr. Luis Sáenz		CODIGO: *103 -13
DIRECCION: ESPOCH		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de descarga de proceso de leche		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-03-21		
FECHA DE MUESTREO: 2013-03-21		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: blanquecino		
OLOR: lácteo		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	1350
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	5750
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-03- 21		
FECHA DE ENTREGA: 2013-03- 25		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.		
 Dra. Fabiola Villa		

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

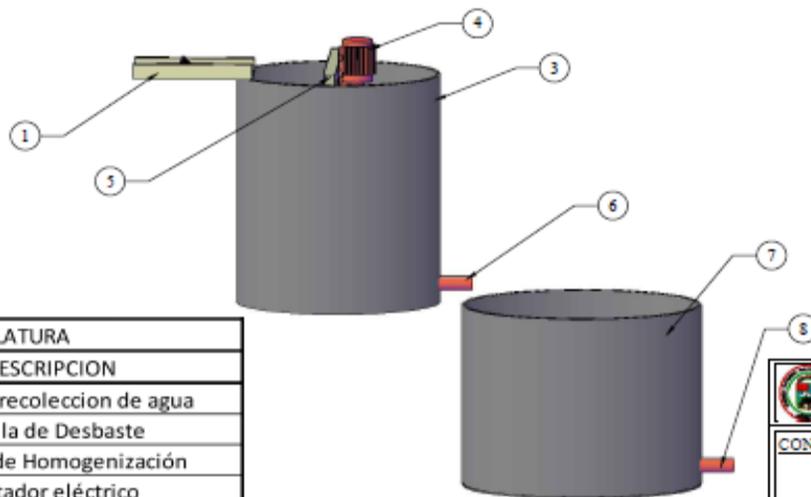
\*La muestra es receptada en el laboratorio



**SISTEMA DE TRATAMIENTO**  
VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1:10



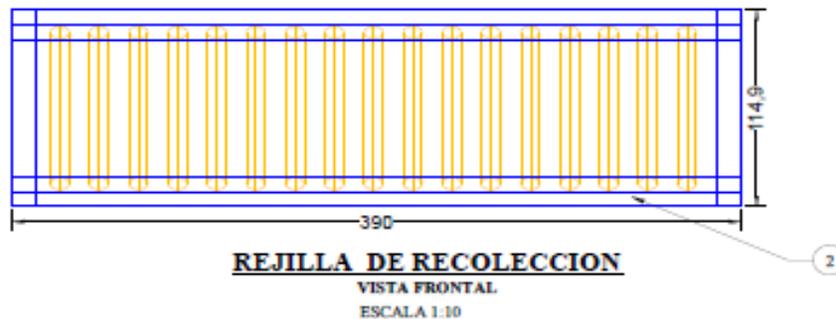
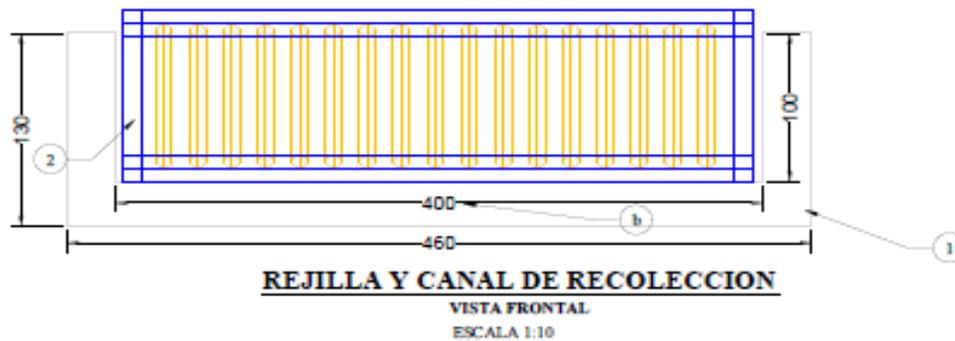
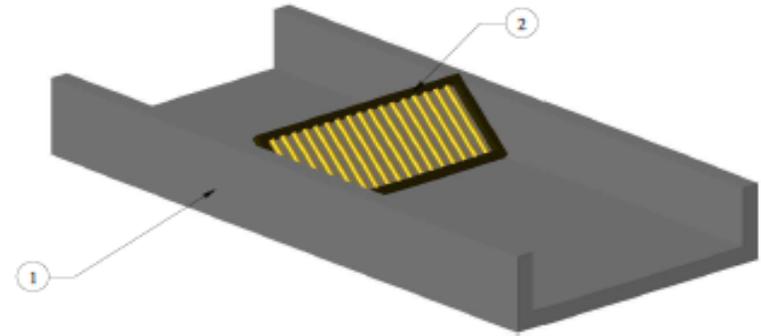
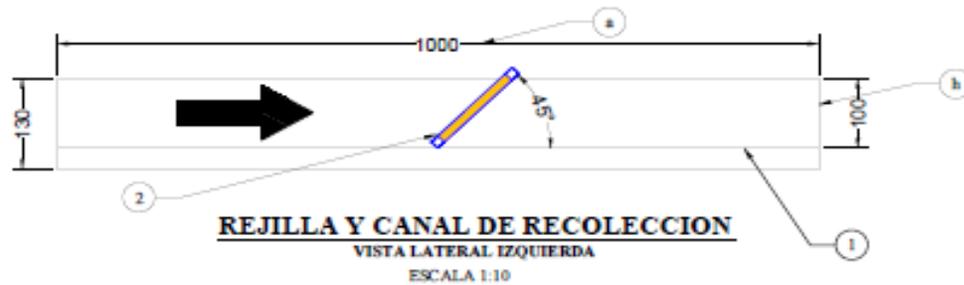
**SISTEMA DE TRATAMIENTO**  
VISTA ISOMETRICA  
ESCALA 1:10



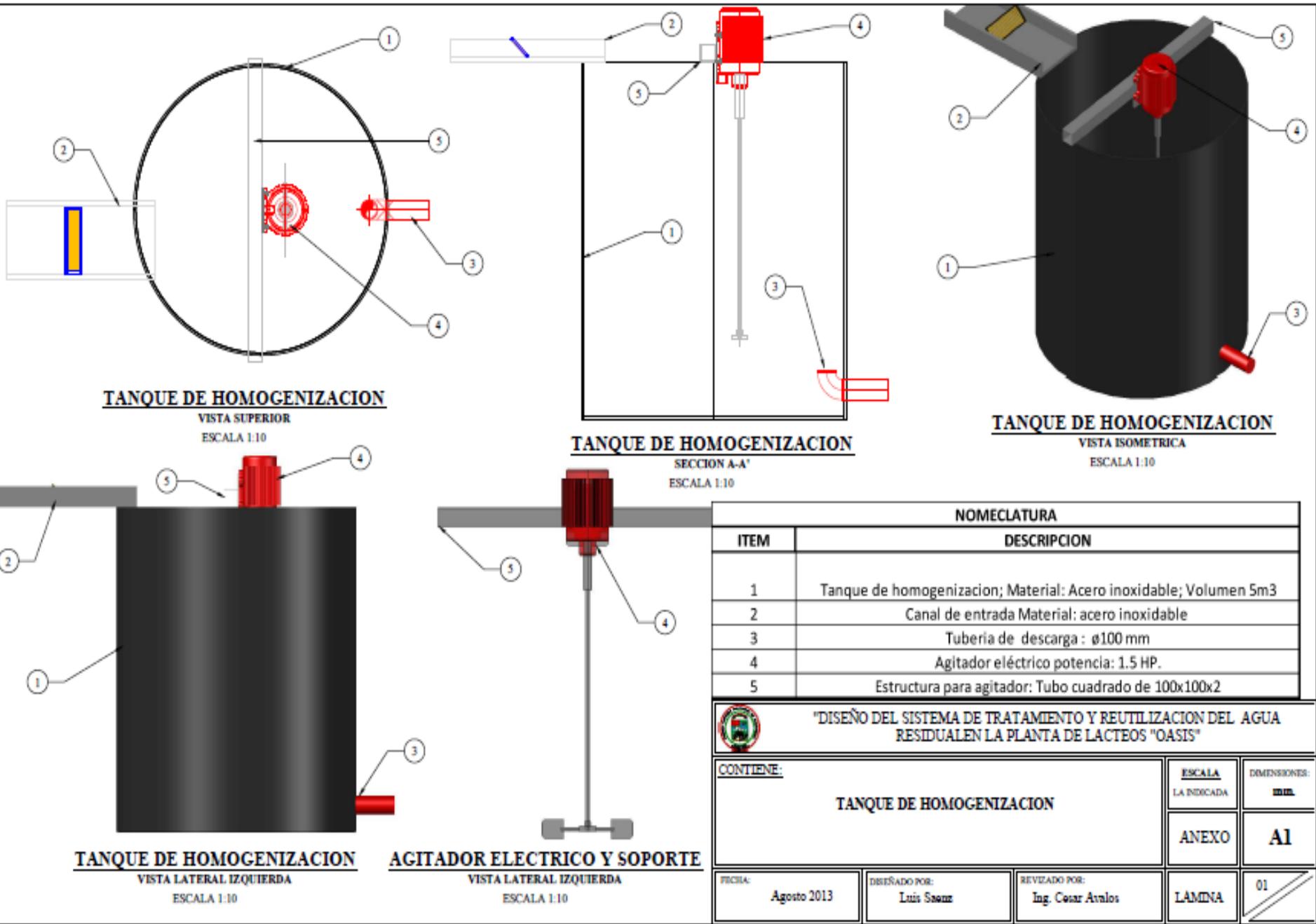
**SISTEMA DE TRATAMIENTO**  
VISTA ISOMETRICA  
ESCALA 1:10

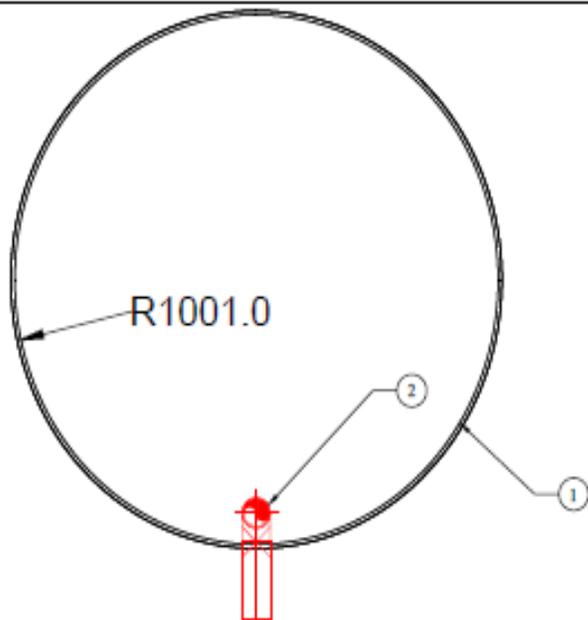
NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Canal de recoleccion de agua
2	Rejilla de Desbaste
3	Tanque de Homogenización
4	Agitador eléctrico
5	Estructura para agitador
6	Tuberia de descarga
7	Tanque de Sedimentación
8	Tuberia de descarga

"DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LACTEOS "OASIS"			
CONTIENE:		ESCALA LA INDICADA	DIMENSIONES: mm.
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		ANEXO	A1
FECHA: Agosto 2013	DISEÑADO POR: Luis Saenz	REVISADO POR: Ing. Cesar Avalos	LAMINA 04



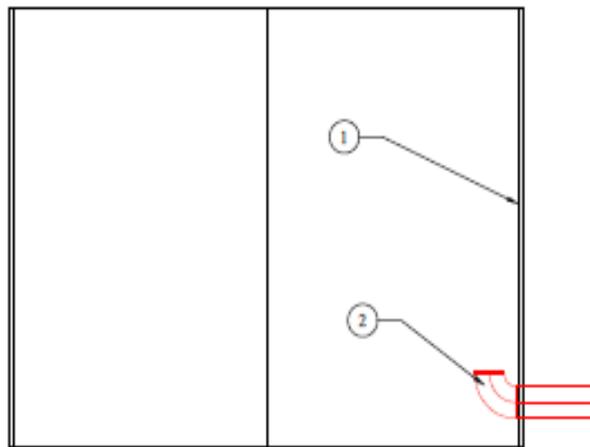
NOMECLATURA		"DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LACTEOS "OASIS"			
ITEM	DESCRIPCION	CONTIENE:		ESCALA	DIMENSIONES:
1	Canal de recolección de agua; Material Acero galvanizado Dimensiones: b=400; h=100; a=1000 Caudal: 4,49 m3	<b>REJILLA METALICA Y CANAL DE RECOLECCION DE AGUA</b>		LA INDICADA	mm.
2	Rejilla Interior Metálica: Inclinación: 45°; N° de barras: 17; ø de la barra: 5mm Separación entre barras: 20mm	FECHA:	DISEÑADO POR:	REVIZADO POR:	LÁMINA
		Agosto 2013	Luis Saenz	Ing. Cesar Avalos	01 0





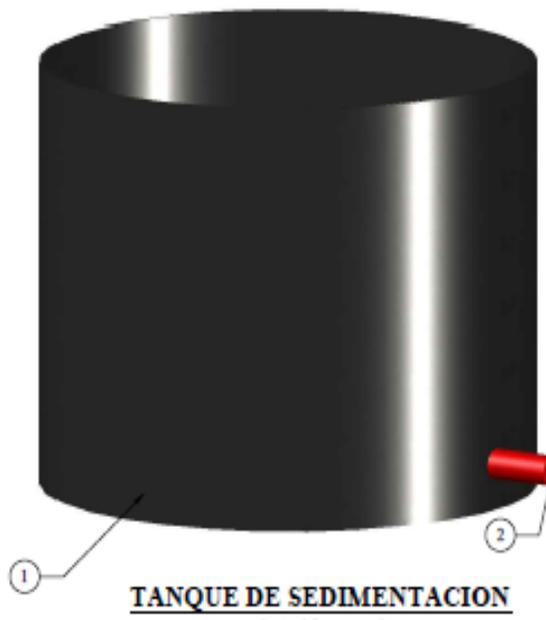
**TANQUE DE SEDIMENTACION**

VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1:10



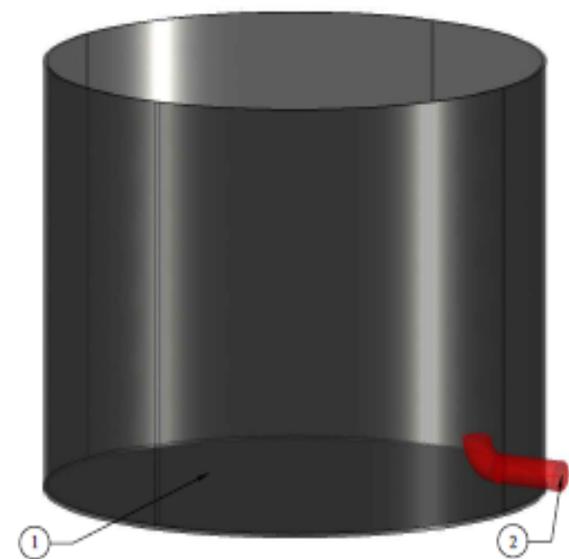
**TANQUE DE SEDIMENTACION**

VISTA LATERAL IZQUIERDA  
ESCALA 1:10



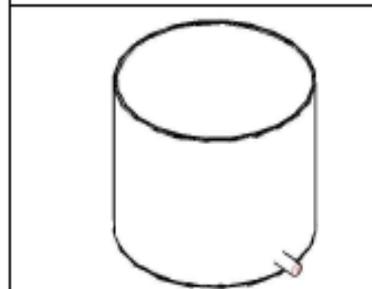
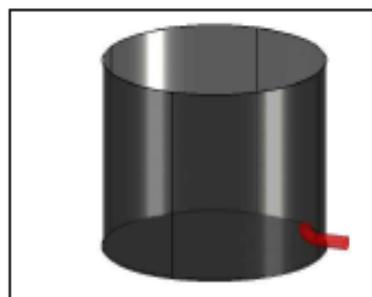
**TANQUE DE SEDIMENTACION**

VISTA ISOMETRICA  
ESCALA 1:10



**TANQUE DE SEDIMENTACION**

SECCION A-A'  
ESCALA 1:10



NOMECLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Tanque de Sedimentación; Material: Acero Inoxidable; Volumen:5m3
2	Tuberia de descarga : $\phi$ 100 mm



"DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUALEN LA PLANTA DE LACTEOS "OASIS"

CONTIENE:

TANQUE DE SEDIMENTACION

ESCALA  
LA INDECADADA

DIMENSIONES:  
mm.

ANEXO

A1

FECHA:

Agosto 2013

DISEÑADO POR:

Luis Saenz

REVIZADO POR:

Ing. Cesar Avalos

LAMINA

01