



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

---

**ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA  
INDUSTRIA LÁCTEA “APROLEQ” UBICADA EN EL CANTÓN QUERO  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

---

**Autor:** Cunalata Guachamboza Edison Javier

**Tutor:** Ing. Mg. Lenin Maldonado

AMBATO-ECUADOR

2017

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. Mg. Lenin Maldonado certifico que la presente tesis de grado **“ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA “APROLEQ” UBICADA EN EL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, realizado por el Sr. Cunalata Guachamboza Edison Javier, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Agosto de 2017

---

Ing. Mg. Lenin Maldonado

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, Cunalata Guachamboza Edison Javier, CI: 180477217-4 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, indico que todos los criterios expresados en el trabajo experimental con el tema: **“ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA “APROLEQ” UBICADA EN EL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, son de mi completa autoría.

Ambato, Agosto del 2017

.....  
Cunalata Guachamboza Edison Javier

AUTOR

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto del 2017

.....

Cunalata Guachamboza Edison Javier

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA “APROLEQ” UBICADA EN EL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, realizado por Cunalata Guachamboza Edison Javier, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato.

Para constancia firman:

---

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos  
PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Mg. Eduardo Paredes Beltrán  
PROFESOR CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*A Dios, que me ha concedido la dicha de rodearme de personas que me han brindado su amistad incondicional.*

*A mis padres, que siempre estuvieron a mi lado en mis alegrías y tristezas y por sus sacrificios para brindarme una excelente educación. Sobre todo, ser un ejemplo a seguir.*

*A mis hermanos y sobrinos, por ser parte importante en vida que me brindaron su apoyo y palabras de aliento y hacer realidad todas las metas propuestas. A Freddy por ser un modelo de desarrollo profesional a seguir, a Magdalena, aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo me cuida y me guía todos los días.*

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, doy gracias a Dios por darme la vida y brindarme la sabiduría y fortaleza durante mi proceso de formación como estudiante.*

*A mis padres, por brindarme su apoyo, sus consejos y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.*

*A mis hermanos, por ser mi mano derecha y que siempre me apoyaron incondicionalmente durante toda mi vida estudiantil.*

*A los docentes que conforman el área de hidráulica, que gracias a su arduo trabajo lograron transmitirnos sus conocimientos y formarnos como personas y profesionales.*

*A mi tutor Ing. Lenin Maldonado, por brindarme su valiosa colaboración y orientación en el desarrollo de este trabajo experimental.*

## ÍNDICE

Portada.....	i
Certificación del tutor.....	ii
Autoría del trabajo.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	viii
Resumen ejecutivo.....	xv
Executive summary.....	xvi

### CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 Tema del trabajo experimental.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4

### CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 Agua residual.....	5
2.1.2 Tratamiento de aguas residuales.....	5
2.1.2.1 Tratamiento convencional de aguas residuales.....	6
2.1.3 Filtración.....	7
2.1.3.1 Filtración lenta.....	7
2.1.3.2 Filtración rápida.....	7



2.1.3.3	Mecanismos de filtración.....	8
2.1.3.4	Mecanismos de transporte .....	8
2.1.3.5	Mecanismos de adherencia .....	10
2.1.3.6	Adsorción.....	12
2.1.3.7	Absorción.....	13
2.1.3.8	Intercambio iónico .....	13
2.1.3.9	Desinfección .....	13
2.1.4	Material poroso .....	14
2.1.5	Características del medio filtrante.....	14
2.1.6	Piroclasto volcánico .....	15
2.1.7	Parámetros de monitoreo de las descargas industriales .....	16
2.1.7.1	Demanda biológica de oxígeno (DBO5) .....	17
2.1.7.2	Demanda química de oxígeno (DQO) .....	17
2.1.7.3	Aceites y grasas .....	17
2.1.8	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	17
2.2	Hipotesis .....	19
2.2.1	Variable dependiente.....	19
2.2.2	Variable independiente.....	19
<b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
3.1	Nivel o tipo de investigación .....	20
3.1.1	Investigación exploratoria.....	20
3.1.2	Investigación descriptiva.....	20
3.1.3	Investigación laboratorio.....	20
3.2	Población y muestra.....	20
3.2.1	Población.....	20
3.2.2	Muestra.....	21
3.3	Operacionalización de variables .....	22
3.3.1	Variable independiente.....	22
3.3.2	Variable dependiente.....	23
3.4	Plan de recolección de información.....	24

3.5	Plan de procesamiento y análisis .....	25
3.5.1	Funcionamiento Básico de la Industria .....	25
3.5.1.1	Descripción de los procesos de producción de la leche.....	25
3.5.1.2	Queso .....	25
3.5.1.3	Descripción del proceso de producción del queso.....	26
3.5.1.4	Recepción.....	27
3.5.1.5	Pasteurización .....	27
3.5.1.6	Coagulación .....	27
3.5.1.7	Corte y desuerado .....	27
3.5.1.8	Moldeo y prensado.....	27
3.5.1.9	Salado.....	28
3.5.1.10	Empacado .....	28
3.5.1.11	Almacenamiento.....	28
3.5.2	Determinación del lugar de estudio.....	28
3.5.3	Diseño del filtro.....	30
3.5.3.1	Elaboración del filtro .....	30
3.5.3.2	Funcionamiento del filtro.....	31
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	32
4.1	Recolección de datos .....	32
4.1.1	Obtención del material .....	32
4.1.1.1	Preparación del material filtrante.....	32
4.1.2	Muestreo.....	36
4.1.3	Métodos utilizados para la caracterización del agua residual .....	36
4.1.4	Determinación del consumo de agua .....	37
4.2	Análisis de resultados .....	41
4.2.1	Análisis del agua residual .....	41
4.2.2	Análisis del agua filtrada.....	41
4.2.3	Interpretación de los gráficos por parámetro .....	43
4.2.3.1	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) .....	43
4.2.3.2	Demanda química de oxígeno (DQO) .....	44

4.2.3.3 Aceites y grasas .....	45
4.2.4 Análisis de la eficiencia del filtro.....	47
4.2.4.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) .....	48
4.2.4.2 Demanda química de oxígeno (DQO) .....	49
4.2.4.3 Aceites y grasas .....	50
4.3 Verificación y aceptación de la hipótesis .....	52
CAPÍTULO V	
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones .....	54
6 Materiales de referencia .....	55
1. BIBLIOGRAFÍA .....	55
2. ANEXOS .....	59
2.1 FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL. ....	60
2.2 DISEÑO DEL FILTRO.....	62
2.3 IMÁGENES DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO .....	65
2.4 IMÁGENES DE LA DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS .....	67
2.5 PLANO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA.....	69
2.6 PLANO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE .....	70
2.7 PLANO DE LAS TUBERÍAS DE DESAGÜE .....	71
2.8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agua residual industria láctea.....	5
Figura 2. Esquema de un filtro.....	7
Figura 3. Tipos de mecanismos de transporte.....	8
Figura 4. Mecanismo de impacto inercial.....	9
Figura 5. Mecanismo de acción hidrodinámica.....	10
Figura 6. Trayectoria de la partícula capturada por las fuerzas de Van der Waals....	11
Figura 7. Esquema explicativo de la acción de los polímeros en un medio granular	11
Figura 8. Proceso de adsorción.....	12
Figura 9. Diferencia entre absorción y adsorción.....	13
Figura 10. Lapilli.....	16
Figura 11. Flujo de elaboración del queso.....	26
Figura 12. Ubicación de la empresa.....	29
Figura 13. Recolección del material.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de monitoreo de las descargas industriales .....	16
Tabla 2. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	18
Tabla 3. Operacionalización de la variable independiente.....	22
Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente.....	23
Tabla 5. Recolección de información.....	24
Tabla 6. Ensayo de granulometría del material.....	33
Tabla 7. Ensayo para determinar la densidad real.....	34
Tabla 8. Porcentaje del material para cada tamiz.....	35
Tabla 9. Masa del material para la mezcla en peso.....	36
Tabla 10. Métodos usados por los laboratorios para los análisis físico-químicos de las aguas residuales .....	37
Tabla 11. Determinación del caudal medio diario .....	38
Tabla 12. Caudales máximos de aparatos sanitarios.....	39
Tabla 13. Análisis físico-químicos del efluente de la industria láctea .....	41
Tabla 14. Resumen de los Análisis físico-químicos.....	42
Tabla 15. Resumen de los porcentaje de remoción de los parámetros para determinar la eficiencia del filtro.....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva granulométrica del material.....	34
Gráfico 2. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (dbo5) en el transcurso del tiempo.....	43
Gráfico 3. Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en el transcurso del tiempo.....	44
Gráfico 4. Comportamiento de aceites y grasas en el transcurso del tiempo.....	45
Gráfico 5. Eficiencia del filtro para la remoción del DBO5. ....	48
Gráfico 6. Eficiencia del filtro para la remoción del DQO. ....	49
Gráfico 7. Eficiencia del filtro para la remoción de aceites y grasas. ....	50

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** Análisis del piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea “APROLEQ” ubicada en el cantón Quero provincia de Tungurahua.

**AUTOR:** Cunalata Guachamboza Edison Javier

**Tutor:** Ing. MEng. Lenin Maldonado

El presente trabajo tiene por finalidad, evaluar la eficiencia del material filtrante propuesto en la investigación. Para lo cual se construyó un filtro con un material filtrante (piroclasto volcánico) que estuvo en funcionamiento durante un periodo de 92 días in situ. La dimensión del recipiente que contiene el material tiene un volumen de 35 litros del material. El caudal empleado para el proceso de filtración es de 0.105 l/min abastecido por un tanque de 55 galones, el cual está soportado por una estructura metálica a una altura de 2m y debe ser llenado completamente cada día.

Para verificar la efectividad del filtro, se realizaron los análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO en la empresa de servicios ambientales y aceites y grasas del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato: las muestras se recogieron bajo las especificaciones de la norma NTE INEN 2 169 y 176.

Los resultados han demostrado una disminución de los niveles de contaminación en un porcentaje promedio de 72.68%, 71.18%, 78.78% de DBO<sub>5</sub>, DQO, Aceites y grasas respectivamente.

Se concluye, con los resultados obtenidos que el piroclasto volcánico se podría utilizar en el pretratamiento de aguas residuales, debido a las características de porosidad que posee que reflejaron un alto grado de efectividad.

## EXECUTIVE SUMMARY

Topic: Analysis of the piroclasto volcanic as filter in the treatment of wastewater from the dairy industry "APROLEQ" located in the canton Quero Tungurahua province.

Author: Cunalata Guachamboza Edison Javier

Tutor: Ing. MEng. Lenin Maldonado

The principal objective of the following project is to evaluate the efficiency of the filter material. To carry out the research; a filter was constructed with a filter material (volcanic pyroclastic) that was in operation during a period of 92 days in situ. The size of the container, which kept the material, has a volume of 35 liters of material. The flow rate used for the filtration process is 0.105 l / min that was supplied by a 55-gallon tank, which was supported by a metal structure at a height of 2m and must be completely filled every day.

In order to verify the effectiveness of the filter, the analyzes of BOD5, COD were carried out in the environmental services - oil and greases - in the Laboratory of the Civil and Mechanical Engineering Faculty - "Universidad Técnica de Ambato"; the samples were collected under the specifications of the norm NTE INEN 2 169 and 176.

The results have shown a decrease in contamination levels in an average percentage of 72.68%, 71.18%, and 78.78% of BOD5, COD, Oil and greases respectively.

It is concluded, with the results obtained that the volcanic pyroclastic could be used in the pretreatment of residual waters, due to the characteristics of porosity that it possesses which reflected a high degree of effectiveness.



# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 Tema del trabajo experimental

ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA “APROLEQ” UBICADA EN EL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

### 1.2 Antecedentes

El desarrollo industrial a nivel mundial, ha crecido muy rápidamente, incrementado una gran variedad de actividades, entre las que se destacan la industria láctea, la cual tiene como efectos negativos la contaminación del agua y aire debido a un gran consumo de energía, agua y otros productos químicos que producen emisiones de gases y grandes cantidades de aguas residuales que son vertidas sin ningún tratamiento previo hacia los sistemas de alcantarillado público. [1]

Tomando en cuenta la necesidad que tienen los países en la conservación del ambiente [2] se ha desarrollado nuevos métodos de tratamientos de depuración del agua, utilizando materiales alternativos y amigables con el medio ambiente por medio del cual sus procedimientos resultan ser más económicos y eficientes, que ayudan a tener una idea de la vital importancia para preservar los recursos. Los materiales utilizados en estas investigaciones como: arena, carbón activado y antracita, son de alta porosidad, ideal para absorber las partículas sólidas logrando purgar el efluente. Además, los piroclastos volcánicos son un material natural y de bajo costo que no afecta al medio ambiente. [3]

En el proyecto [4] desarrollado en América del Sur para el tratamiento de aguas residuales domésticas por investigadores de la Universidad de Chile y la Revista de la Construcción, se ha implementado un sistema de recuperación del agua residual

doméstica, mediante la elaboración de un filtro a base de suelo volcánico como medio filtrante, que obtuvo una disminución de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) del 94%, sólidos totales (SST) en un rango del 16% y 84% y coliformes totales (CT) hasta el 100%.

De acuerdo a otros estudios realizados por universidades en el Ecuador para procesos de purificación del agua potable, en [5] se puede advertir que mediante la elaboración de un filtro a base de piroclasto volcánico, se obtuvo una eficiencia de remoción de: Sólidos Suspendedos Totales (SST) del 75.90%, Turbiedad (NTU) de 42.14%, Ph (UpH) de 4.15%, Nitratos (NO<sub>3</sub>-N) de -15.10%. Así mismo, en [6] mediante un filtro a base de piroclasto grueso como medio filtro, se alcanzó una eficiencia de remoción de: pH (UpH) del 1%, Conductividad (Uomhios) del 11%, Turbiedad (NTU) de 3%, Sólidos Suspendedos Totales (SST) y Nitratos (NO<sub>3</sub>-N) de 88% y Coliformes Totales (CT) y Fecales (NMP) no existió una disminución.

Actualmente en el caserío Hualcanga perteneciente al cantón Santiago de Quero, se encuentra en funcionamiento la asociación de productores y comercializadores de leche del cantón Quero “APROLEQ”, la cual se dedica a la recolección de alrededor de 2000 litros de leche diarios, de los cuales son receptados en la planta de procesamiento para la obtención de cerca 450 quesos medianos y 150 quesos pequeños, produciendo una gran cantidad de agua contaminada que sin ningún tratamiento previo son vertidas directamente hacia el sistema de alcantarillado público.[7]

Este proyecto se fundamentará en el análisis del piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea.

### **1.3 Justificación**

Los problemas de contaminación del agua en el sector industrial, son cada vez más y más graves, debido a la inexperiencia en la manipulación de los efluentes generados; además, no poseen un sistema para el tratamiento de dichas aguas, que permitan disminuir los contaminantes a niveles permitidos.

De los resultados generados por [4], [5], [6] y [8] desarrolladas por investigadores e instituciones relacionadas con el proceso de depuración del agua, muestran altos niveles de contaminación producto de actividades industriales y domésticas, estos estudios tienen la finalidad de reducir la carga contaminante a niveles aceptables mediante la implementación de filtros utilizando medios porosos como material filtrante.

Este proyecto, tiene el objetivo de complementar la información existente del material en el proceso de depuración del agua y contribuir al tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea antes que retornen hacia los cuerpos receptores, mediante un filtro artesanal a base de piroclasto volcánico.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar el piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea “APROLEQ” ubicada en el cantón Quero provincia de Tungurahua.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la industria láctea “APROLEQ”.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la industria láctea “APROLEQ”.
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO<sub>5</sub>, DQO), grasas y aceites de las aguas residuales provenientes de la industria de lácteos “APROLEQ” en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si el piroclasto volcánico puede utilizarse para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea “APROLEQ”.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

##### 2.1.1 Agua residual

El agua residual es el producto de la actividad humana, la figura 1 muestra la degradación de su composición inicial que ha sufrido debido al uso industrial, domestico, pecuario, comercial u otra naturaleza que puede ser público o privado.[9]

- Agua residual industrial: son aquellas aguas provenientes de cualquier proceso industrial en que se utilice o se manipule el agua.
- Agua residual doméstica: son los vertidos que se generan en los hogares, residencias, centros comerciales, etc.

Figura 1. Agua residual industria láctea



Fuente: Autor

##### 2.1.2 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales de las industrias lácteas requiere ser estudiadas, debido a que contienen grandes cantidades de carga orgánica como la lactosa, proteínas, sales minerales entre otras. Estas condiciones hacen que se dificulte la estabilidad del sistema, ya que la materia orgánica es fácilmente

hidrolizable y el agua residual tiende velozmente a volverse ácida, a causa de la fermentación del azúcar de la leche.[8]

Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo recuperar la calidad del agua por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. El grado de tratamiento de las aguas residuales está en función del impacto ambiental que establece la clasificación del cuerpo receptor donde se verterán estos efluentes de acuerdo a la reglamentación de la ley de medio ambiente.[10]

### **2.1.2.1 Tratamiento convencional de aguas residuales**

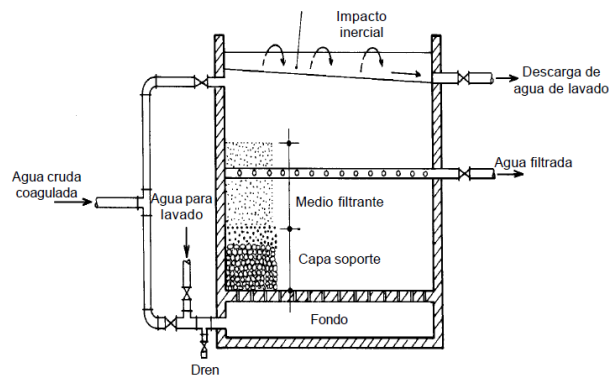
Está formado por tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento avanzado.[9]

- Tratamiento preliminar: se caracteriza principalmente en la remoción de grasas, sólidos flotantes y estabilización del pH. Los tipos de unidades que se puede utilizar son: rejas, desarenadores, desengrasadores, desmenuzadores y aireador preliminar.
- Tratamiento primario: en este proceso se utiliza operaciones físicas como: floculación, mezclado, desarenado, filtración y el desbaste para la disminución de los sólidos suspendidos y sedimentables. Los tipos de unidades que se puede utilizar son: tanques sépticos, tanques imhoff, sedimentadores simples, precipitaciones químicas, digestores de lodos, lechos de lodos, desinfección primaria.
- Tratamiento secundario: se utilizan procesos químicos y biológicos para la eliminación de sólidos suspendidos y compuestos orgánicos biodegradables. Los tipos de unidades que se puede utilizar son: reactores anaeróbicos, lagunas de estabilización, lodos activados.
- Tratamiento avanzado: se emplea para remover los nutrientes y sustancias disueltas remanentes del tratamiento secundario. Los tipos de unidades que se puede utilizar son: intercambio iónico, filtración, adsorción carbón activado, osmosis inversa.

### 2.1.3 Filtración

La filtración es un proceso físico, que consiste en la separación de sedimentos a través de un sistema de lecho poroso. Este mecanismo hace que el líquido atraviese por efecto de la gravedad o presión, mientras las partículas contaminantes se infiltran en el material filtrante logrando disminuir su contaminación como se indica en el proceso de la figura 2. En el tratamiento de aguas residuales la filtración se emplea para eliminar el flóculo biológico del efluente o los precipitados de la remoción química del fósforo. [11]

Figura 2. Esquema de un filtro



Fuente: [12]

#### 2.1.3.1 Filtración lenta

La filtración lenta es un método efectivo consiguiendo detener las partículas con gran diámetro y adsorber las impurezas, debido a su baja velocidad con la que atraviesa el flujo. Este tipo de filtración depende del material y el espesor del filtro, además es eficaz en la remoción de la turbidez y agentes patógenos.[13]

#### 2.1.3.2 Filtración rápida

La filtración rápida es un mecanismo de eliminación física, donde el flujo atraviesa el medio filtrante a velocidades altas de entre 4-50 m/h, que facilita la separación de partículas grandes en la parte superior. En este tipo de filtración se puede utilizar como medio filtrante la arena y la grava.[14]

### 2.1.3.3 Mecanismos de filtración

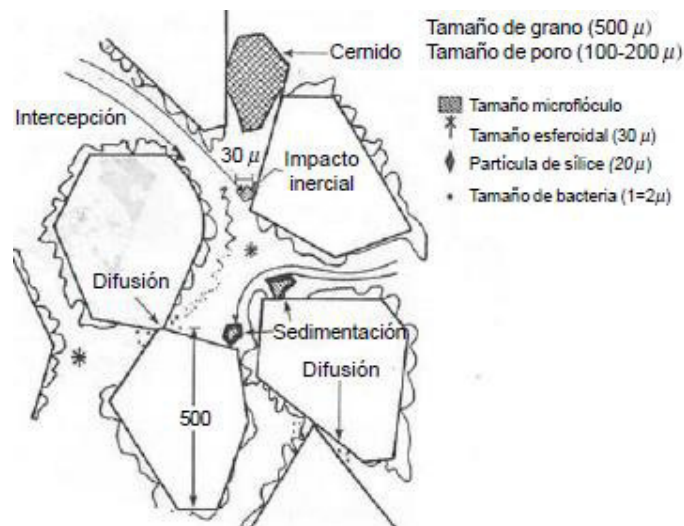
En un filtro las partículas en suspensión son atraídas a la superficie del medio filtrante, las cuales son atrapadas en las aberturas o adheridas a distancias muy pequeñas. De modo que el mecanismo de filtración resulta de dos etapas distintas pero que se complementan entre sí:

- Mecanismos de transporte
- Mecanismos de adherencia

### 2.1.3.4 Mecanismos de transporte

El transporte de partículas es un mecanismo de acción superficial, donde pueden intervenir diversas causas para el acercamiento de las partículas suspendidas hacia la superficie del medio filtrante, las cuales obedecen a un fenómeno físico e hidráulico. Este proceso dependerá si la filtración se produce en la capa superior, siendo esta la más importante donde actúa la acción del cernido, o si se produce en la profundidad la cual es de poca importancia.

Figura 3. Tipos de mecanismos de transporte



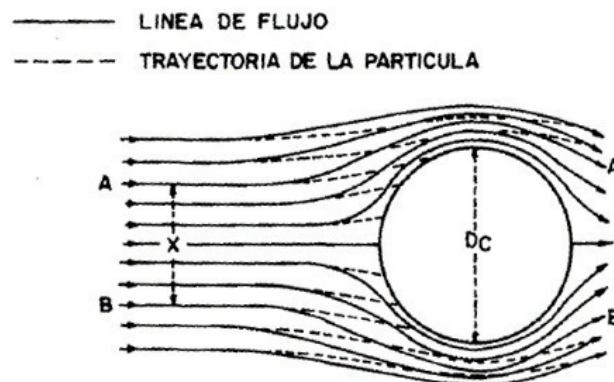
Fuente: [12]

Los mecanismos que realizan el transporte son indicados en la figura 3 y explicados en [12] descritos a continuación:



- **Cernido:** es un mecanismo que actúa sobre la superficie del medio filtrante y partículas de mayor diámetro, que son atrapadas en las grietas y son aptas para resistir fuerzas cortantes originadas por el flujo, las cuales se incrementan en los intersticios.
- **Sedimentación:** este mecanismo afecta solo a las partículas más grandes y pesadas, debido al efecto de la gravedad, además se requiere que su velocidad de sedimentación sea alta y donde la carga hidráulica sea baja.
- **Intercepción:** este mecanismo se origina cuando el flujo es laminar, es decir las partículas se desplazan en trayectorias paralelas y siguen una trayectoria suave, llamada línea de corriente. A causa de que las partículas tienen una densidad semejante al agua.
- **Difusión:** este mecanismo se ve afectado por el movimiento browniano, ya que las partículas pequeñas tienen un movimiento aleatorio en un fluido como consecuencia del choque contra las moléculas del agua. La cual es directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al diámetro del grano del medio filtrante.
- **Impacto inercial:** las líneas de flujo durante el escurrimiento se bifurcan al aproximarse al grano del material filtrante, en tanto que las partículas suspendidas poseen inercia suficiente mantienen su trayectoria y se estrellan con los granos como indica en la figura 4.

Figura 4. Mecanismo de impacto inercial

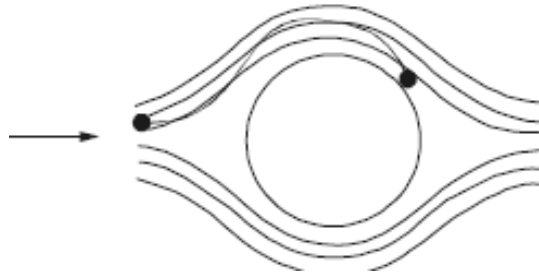


Fuente: [15]

- **Acción hidrodinámica:** este mecanismo se desarrolla cuando la velocidad de escurrimiento tiene un gradiente de velocidad constante, creando

velocidades tangenciales variantes en dirección perpendicular a la del escurrimiento indicada en la figura 5, en la experiencia en procesos de filtración la acción hidrodinámica lograría demostrar la remoción de partículas floculantes.

Figura 5. Mecanismo de acción hidrodinámica



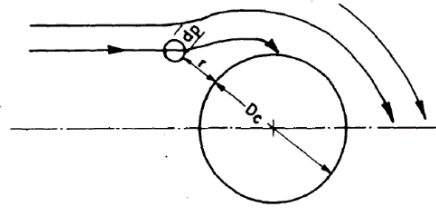
Fuente: [12]

#### 2.1.3.5 Mecanismos de adherencia

La adherencia es un mecanismo donde las partículas se adhieren directamente a la superficie del material filtrante y a las partículas anteriormente retenidas, igualmente se deberá tener en cuenta las características de las superficies del material filtrante y las partículas suspendidas. Este mecanismo es influenciado por los siguientes tipos de fenómenos indicados en [15] descritos a continuación:

- Fuerzas Van der Waals
  - Fuerzas electrostáticas
  - Enlace químico
- **Fuerzas Van der Waals:** son fuerzas intermoleculares de naturaleza electrostática encargada de la adhesión de las partículas a la superficie del material filtrante (grano), dentro de una distancia pequeñísima a la cual las fuerzas son operacionales; en el cual cada grano tiene su propio espacio de adhesión y las partículas suspendidas son atraídas a esta región y eliminadas del flujo (ver figura 6).

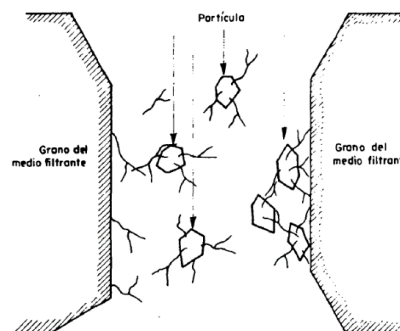
Figura 6. Trayectoria de la partícula capturada por las fuerzas de Van der Waals



Fuente: [15]

- **Fuerzas electrostáticas:** son fuerzas que resultan de la integración de las fuerzas Van der Waals y las fuerzas coulombicas que posibilitan la adhesión del material suspendido al grano del material filtrante. En este mecanismo las partículas en suspensión y los granos del material filtrante presentan diferentes cargas expuestas a continuación:
  - Los granos del material filtrante son negativos y las partículas en suspensión son positivas, ocasionando una fuerza de atracción y adhesión entre sí.
  - Los granos del material filtrante son negativos y las partículas en suspensión son neutras, en lo cual la barrera de energía no existe y cualquier roce entre sí podría finalizar en adhesión.
  - Los granos del material filtrante son negativos y las partículas en suspensión son negativas, en el cual existe repulsión y la posibilidad de adhesión es baja.
- **Enlace químico:** en este mecanismo se forma cadenas poliméricas en la superficie de las partículas que dejan sus segmentos extendidos y al momento de circular por el material filtrante se unen con los segmentos abiertos de los granos de ese modo quedan retenidos (ver figura 7).

Figura 7. Esquema explicativo de la acción de los polímeros en un medio granular

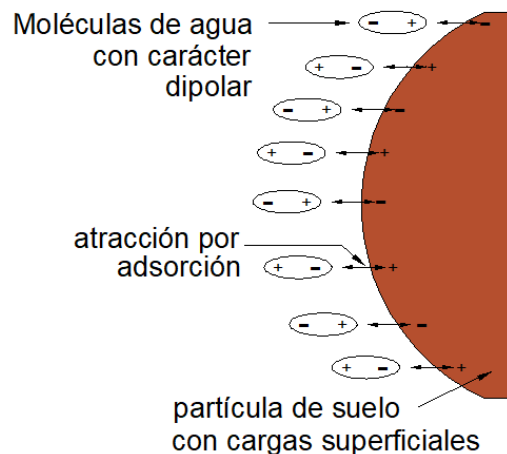


Fuente: [15]

### 2.1.3.6 Adsorción

La adsorción es un proceso de transferencia de masa, donde ciertos componentes presentes en un líquido se transfieren hacia la superficie de un sólido adsorbente por el mecanismo de difusión, las cuales se adsorben sobre la superficie interior del adsorbente.[16]

Figura 8. Proceso de adsorción



Fuente: [17]

Los adsorbentes son materiales altamente porosos y la adsorción se produce en el interior sobre las paredes de los poros y la separación se produce por las diferencias de peso molecular o de polaridad, dando lugar a que ciertas partículas se adhieran más fuertemente. Las especies disueltas se agrupan en la superficie sólida por reacción de quimisorción o adsorción física. La adsorción física es un proceso rápido originado por fuerzas de unión como las fuerzas de Van der Waals; este proceso es reversible, es decir, el adsorbato puede ser eliminado. La quimisorción es un proceso de reacción química de transferencia de electrones entre el adsorbente y el adsorbato y se puede ocasionar un enlace químico, a diferencia de la adsorción física este proceso es irreversible, es decir, el adsorbato está fusionado químicamente a la superficie.[16]

Este mecanismo se utiliza generalmente en el tratamiento del agua potable para eliminar el sabor, color, compuestos orgánicos sintéticos, compuestos orgánicos formadores de color y subproductos de desinfección. También se utiliza para separar

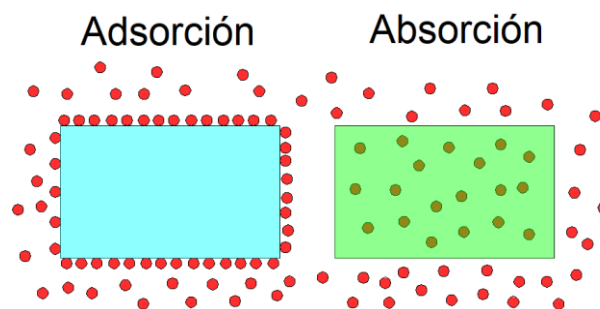
compuestos orgánicos de aguas residuales, impurezas de disoluciones de azúcar y aceites vegetales, a estos productos retenidos se los denomina adsorbato.

### 2.1.3.7 Absorción

La absorción es un tratamiento físico que consiste en la captación de partículas sólidas de menor diámetro que los poros, por lo cual son retenidos en los intersticios del material filtrante. Esta puede ser por disolución o por reacción química, en este mecanismo la unión es más estable y participa toda la masa del adsorbente.[18]

En la figura 9 se muestra la diferencia que existe entre mecanismo de adsorción y absorción.

Figura 9. Diferencia entre absorción y adsorción



Fuente: [19]

### 2.1.3.8 Intercambio iónico

El intercambio iónico son reacciones químicas de reemplazo entre un electrolito en solución y otro en estado soluble, los iones son retenidos por fuerzas electrostáticas ubicadas en la superficie de los sólidos, este mecanismo es semejante a las de absorción.[20]

### 2.1.3.9 Desinfección

La desinfección es considerada como la etapa final en el tratamiento del agua, este proceso tiene la finalidad destruir los organismos que puedan causar efectos dañinos. La desinfección se puede efectuar por medio de métodos físicos como: luz ultravioleta, elevación de la temperatura o por métodos químicos como: utilización de sustancias desinfectantes de cloro, ozono y los iones metálicos.[20]

### 2.1.4 Material poroso

Es un material con muchos espacios dentro o alrededor de las partículas que posibilita que el líquido circule a través de ellos. Por ejemplo, carbón activado, grava, arena, antracita, etc.[21]

### 2.1.5 Características del medio filtrante

Se debe tomar en consideración las características que intervienen en el proceso de filtración, como se muestra en [12] detalladas a continuación.

#### Tipo del medio filtrante

Para elegir el tipo de medio filtrante ideal se debe tomar en cuenta la calidad del agua a filtrar, el tiempo de retención hidráulica, costo del material, facilidad de obtención en el medio, capacidad de remoción de partículas y la facilidad del lavado, para obtener una mejor calidad del agua.

#### Granulometría del material filtrante

La granulometría del material filtrante debe ser detallada a partir del tamaño de las partículas, coeficiente de uniformidad y forma.

El coeficiente de uniformidad  $C_u$  es la relación entre el tamaño de las partículas de  $d_{60}$  y  $d_{10}$  cuyo valor da a conocer la variedad de los tamaños. Es aconsejable que  $C_u$  sea menor de 2.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

#### **Dónde:**

$d_{10}$ = Es el tamaño de los granos del 10% del peso acumulado del material de la curva granulométrica.

$d_{60}$ = Es el tamaño de los granos del 60% del peso acumulado del material de la curva granulométrica.

Otro factor importante es la forma de los granos el cual se estima en función del coeficiente de esfericidad  $C_e$ .

$$C_e = \frac{\text{Área superficial de la esfera de igual volumen a la del grano}}{\text{Área superficial de la partícula considerada}}$$

Partículas irregulares  $1 < C_e = 1$  partículas esféricas

#### **Peso específico del material filtrante**

El peso específico se calcula de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{\text{Peso de los granos}}{\text{Volumen efectivo que ocupan los granos}}$$

#### **Lavado de medios filtrantes**

El medio filtrante durante el proceso de filtración va reteniendo material o sólidos hasta el punto de taponar el paso del flujo, lo que involucra su limpieza cada determinado tiempo. La limpieza se lo ejecuta invirtiendo el sentido del flujo y recogiendo el líquido en la parte superior del filtro.

### **2.1.6 Piroclasto volcánico**

El piroclasto es un fracción de material de origen mixto volcánico-sedimentario lanzado a la atmósfera durante el proceso eruptivo, en estado fresco el material es poroso. que adquieren tamaños variables y se clasifican por el tamaño de sus partículas.[22]

- Ceniza: tamaño de la partícula menor de 2mm.
- Lapilli: tamaño de la partícula entre 64 y 2 mm (ver figura 10).
- Bombas o bloques: tamaño de la partícula mayor a 64mm.

Figura 10. Lapilli



Fuente: Autor

### 2.1.7 Parámetros de monitoreo de las descargas industriales

El presente trabajo experimental estará bajo la normativa vigente en el país del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua, para la actividad industrial de elaboración de productos lácteos descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de monitoreo de las descargas industriales

ACTIVIDAD INDUSTRIAL	PARÁMETROS DE MONITOREO
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal.	Caudal, DBO, DQO, SAAM, Grasas y aceites, Fenoles, Cloruros (Cl), Sulfatos (SO <sub>4</sub> )
Elaboración de productos lácteos.	
Elaboración de almidones y derivados.	
Elaboración de productos preparados para animales.	
Descafeinado.	
Elaboración de otros derivados del café.	

Elaborado por: Autor

Fuente: [9]



### **2.1.7.1 Demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La demanda biológica de oxígeno permite medir la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos o bacterias para degradar la materia orgánica, por tanto, este parámetro mide indirectamente la concentración de materia orgánica en una muestra líquida.[23]

### **2.1.7.2 Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno permite medir la cantidad de oxígeno consumido para oxidar la materia de origen orgánico o inorgánico bajo condiciones definidas de temperatura, tiempo y agente oxidante.[24]

### **2.1.7.3 Aceites y grasas**

Están constituidos principalmente por sustancias orgánicas de procedencia vegetal o animal que flotan en el agua, a las cuales se debe tomar en cuenta debido a que forman una iridiscencia e interfiere con la actividad biológica, su limitada solubilidad en el agua y su dificultad para biodegradarse.[25]

La composición de las aguas residuales provenientes de las industrias de tratamiento de leche presentan grasas, proteínas, sales minerales, sal, colorantes, detergentes y otros componentes que se necesitan para su procesamiento, y cuyos valores de DBO<sub>5</sub> es de aproximadamente 110000 mg/l y DQO es de aproximadamente 210000 mg/l.[26] Otros estudios realizados a estas empresas dan a conocer algunos valores como de aceites y grasas de 343mg/l, sólidos totales de 5181mg/l y cloruros en el orden de 380,02mg/l.[27]

### **2.1.8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Las leyes y normativas vigentes en el país prohíben la descarga de los efluentes provenientes de procesos industriales o domésticos hacia un cuerpo receptor o sistema de alcantarillado sin un tratamiento previo, por lo tanto, las industrias deberán cumplir con los valores máximos permisibles expuestos en la tabla 2 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), antes de su descarga.

Tabla 2. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Compuestos fenólicos	Expresados como fenol	mg/l	0,2
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	400
Tensos activos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2

Elaborado por: Autor

Fuente: [9]

## **2.2 Hipótesis**

$H_0$ = El filtro a base de piroclasto volcánico no disminuirá los niveles de contaminación del agua residual de la industria láctea “APROLEQ” ubicada en el cantón Quero.

$H_a$ = El filtro a base de piroclasto volcánico disminuirá los niveles de contaminación del agua residual de la industria láctea “APROLEQ” ubicada en el cantón Quero.

$H_0$ = Hipótesis nula.

$H_a$ = Hipótesis alterna.

### **2.2.1 Variable dependiente**

Niveles de contaminación.

### **2.2.2 Variable independiente**

Filtro con piroclasto volcánico.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Nivel o tipo de investigación**

Para el presente proyecto, se realizará una investigación exploratoria, descriptiva y experimental.

##### **3.1.1 Investigación exploratoria**

Exploratoria debido a que en nuestro país no existen referencias sobre el tema planteado, el cual consta de un filtro de piroclasto volcánico como medio filtrante en el tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea, con la finalidad de disminuir la contaminación generada por esta industria.

##### **3.1.2 Investigación descriptiva**

Descriptiva puesto que durante el proyecto se obtuvieron datos de los análisis físico-químico de las muestras del agua tratada durante 90 días, los cuales nos permitirá determinar si el material puede ser utilizado como material filtrante.

##### **3.1.3 Investigación laboratorio**

Laboratorio ya que se va a analizar muestras del agua tratada y de la muestra del agua sin ningún tratamiento, analizando las variaciones que se van mostrando durante el tiempo y examinar si ayuda a disminuir la contaminación.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio es todo aquello que se requiere investigar en este caso el agua residual para esto depende la

industria del gasto de agua residual en función al tiempo según las condiciones conocidas de operación de la industria.

La población es el agua residual de la industria que va expresando en una función de días, semanas o meses dependiendo de la mejor información que se tenga

$$VAR = x * t$$

VAR = volumen de agua residual

x= cantidad de agua residual

t= tiempo (días, semanas, meses) 90 días o 3meses

$$VAR = 1.18 \frac{m^3}{día} * 92 \text{ dias}$$

$$VAR = 108.56m^3$$

### 3.2.2 Muestra

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población, para nuestro trabajo:

$$Var = x * t$$

$$Var = 55 \frac{Gal}{dia} * 92 \text{ dias}$$

$$Var = 5060 \text{ Gal}$$

$$Var = 19.15 m^3$$

### 3.3 Operacionalización de variables

#### 3.3.1 Variable independiente

En la tabla 3 se muestra, la conceptualización, indicadores y las escalas de medición de la variable independiente (filtro con piroclasto volcánico) y como va ser determinada.

Tabla 3. Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Un filtro con piroclasto volcánico, es un mecanismo constituido por un material poroso que mediante el proceso de filtración separa y atrapa las partículas contaminantes presentes en el agua.	Material Poroso	Tamaño de las partículas	¿Cuál será el tamaño óptimo del material?	Ensayos de laboratorio Norma INEN
		Densidad real	¿Con qué ensayo se puede determinar la densidad real?	Ensayo de laboratorio
	Separa y atrapa las partículas contaminantes	Filtración	¿Qué partículas contaminantes atrapa con mayor cantidad?	Análisis de laboratorio

Elaborado por: Autor

### 3.3.2 Variable dependiente

En la tabla 4 se muestra, la conceptualización, indicadores y las escalas de medición de la variable independiente (Niveles de contaminación) y como va ser determinada.

Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Los niveles de contaminación provenientes de actividades industriales, se puede saber evaluando los parámetros obtenidos de los análisis del agua residual y relacionándolos con los valores establecidos en la tabla 9 del libro VI, anexo I del TULSMA.	Parámetros	DBO <sub>5</sub>	¿Cuál es el nivel de contaminación del DBO <sub>5</sub> ?	PRO TEC 030/ APHA 5220 B
		DQO	¿Cuál es el nivel de contaminación del DQO?	PRO TEC 014/ APHA 5220 D
		Aceites y Grasas	¿Cuál es el nivel de contaminación de aceites y grasas?	EPA 418.1

Elaborado por: Autor

En la tabla 5 indica una breve descripción de cómo, dónde se va evaluar el trabajo experimental y sobre qué aspectos.

### 3.4 Plan de recolección de información

Tabla 5. Recolección de información

<b>Preguntas básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Qué evaluar?	Un filtro no convencional elaborado con piroclasto volcánico.
¿Sobre qué evaluar?	El nivel de eficiencia
¿Sobre qué aspectos?	Influencia del material en los valores obtenidos luego del proceso de filtrado como: DBO <sub>5</sub> , DQO, aceites y grasas.
¿Quién evalúa?	Edison Javier Cunalata Guachamboza
¿A quiénes evalúa?	La muestra sin tratar y las muestras filtradas provenientes de la industria láctea.
¿Dónde evalúa?	Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Laboratorio de Lacquanálisis S.A.
¿Cómo y con Qué?	Ensayos de laboratorio Normas TULSMA

Elaborado por: Autor



### **3.5 Plan de procesamiento y análisis**

El plan de procesamiento y análisis estará estructurado de la siguiente manera:

- Recolección de la información.
- Verificación y categorización de la información.
- Recolección de los materiales
- Construcción a escala del prototipo del filtro.
- Toma de muestras del agua filtrada.
- Revisión de los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos de las muestras.
- Análisis e interpretación de los resultados a través de tablas, gráficos y fotos conforme con la hipótesis.
- Comparación de los resultados entre el agua sin filtrar y el agua filtrada.
- Verificación de la hipótesis.
- Determinación de las conclusiones y recomendaciones.

#### **3.5.1 Funcionamiento Básico de la Industria**

##### **3.5.1.1 Descripción de los procesos de producción de la leche**

La leche es un alimento altamente nutritivo que primeramente debe sometida a varios procesos rigurosos antes se su ingesta, para así asegurar la calidad de los diversos productos derivados de está.

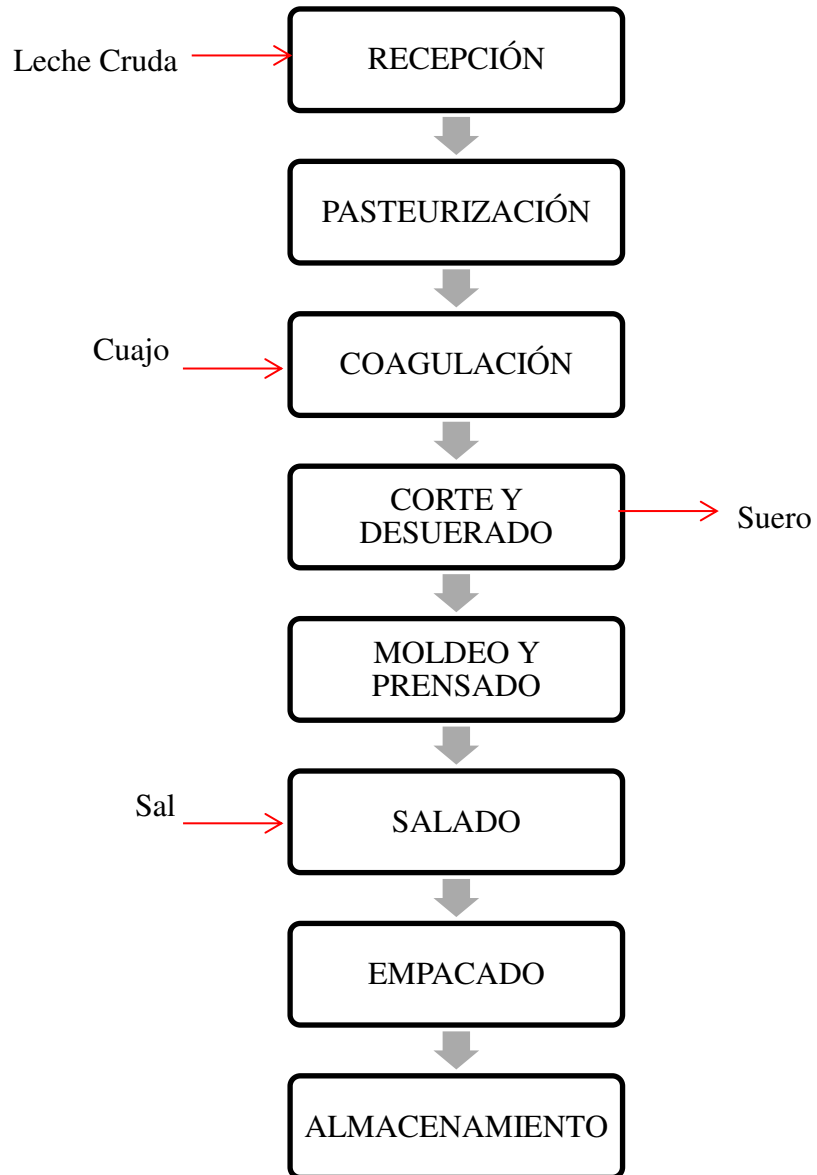
##### **3.5.1.2 Queso**

Es un producto constituido por caseína, lactosa, grasa, proteína, calcio y fosforo que se obtiene por la maduración de la cuajada de la leche por acción del cuajo u otro coagulante. Por lo general el queso es sólido o semisólido.[28]

### 3.5.1.3 Descripción del proceso de producción del queso

El queso se elabora siguiendo los pasos indicados en la figura 11 descritos a continuación, realizado mediante una entrevista al propietario el Sr. Segundo Colcha.

Figura 11. Flujo de elaboración del queso



#### **3.5.1.4 Recepción**

Es el proceso en que se recibe la leche cruda a las instalaciones de la fábrica mediante bombas y conducciones, la cual puede llegar en camiones cisterna, bidones, cántaras, acero inoxidable o plástico.[29]

#### **3.5.1.5 Pasteurización**

Es un proceso termico en el cual son sometidos los líquidos como la leche para destruir o eliminar los microorganismos patógenos que pueda contener, mediante la aplicación de calor a temperaturas suficientes. En la producción de quesos, se recomienda la pasteurización baja que consiste en calentar la leche a 60 °C por 30 minutos y enfriar a 37 °C y la pasteurización media que consiste en calentar la leche de 70-72 °C por 15-30 segundos y enfriar a 37 °C.[30]

#### **3.5.1.6 Coagulación**

La finalidad del proceso es conseguir un gel o coágulo fácil de manejar y separar la fracción acuosa, mediante la adición de un coagulante sea de origen vegetal, animal o microbiano, habitualmente se utiliza la quimosina y pepsina las cuales interactúan sobre las estructuras proteicas para formar una red, quedando atrapados glóbulos de grasa, minerales, sólidos lácteos y la fase acuosa.[31]

#### **3.5.1.7 Corte y desuerado**

El gel o coágulo formado después de la coagulación, se realiza un corte con el fin de acelerar la expulsión de la fracción líquida contenida. Al concluir el proceso de cortado, se procede con el desuerado que consiste en el drenaje de la fase líquida, con la ayuda de una agitación inicial suave para no dañar las partículas y una agitación rápida que ayuda a la separación con mayor eficiencia.[32]

#### **3.5.1.8 Moldeo y prensado**

El moldeado consiste en dar forma, tamaño y ayuda unir los gránulos del queso entre sí, en moldes cuadrados, alargados, cilíndricos o según el consumidor lo desee.

Habitualmente el prensado de la cuajada radica en colocar los moldes en una presa con el fin de endurecer, unir y eliminar el sobrante del suero de la masa.[33]

#### **3.5.1.9 Salado**

El salado retrasa la actividad del fermento, la propagación de microorganismos indeseables y favorece a la formación de la corteza, al mismo tiempo proporciona sabor al queso. Existen diversos procedimientos para el salado como: salmueras, sal cristalizada, etc.[33]

#### **3.5.1.10Empacado**

El empacado tiene como finalidad proteger el producto de los efectos de la luz y agentes microbiológicos, los cuales debe ser envasados al vacío y termo sellados y el producto queda listo para su almacenamiento.[32]

#### **3.5.1.11Almacenamiento**

El producto empacado debe ser almacenado y refrigerado a una temperatura de entre 2 a 6°C, garantizando la calidad del producto hasta el momento de su comercialización. [34]

### **3.5.2 Determinación del lugar de estudio**

La empresa “APROLEQ” es una industria láctea localizada en el caserío Hualcanga del cantón Quero provincia de Tungurahua, cuenta con una planta de procesamiento, área de gavetas, cuarto de caldero, bodega de sal, cuarto frío, servicios higiénicos y patio como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth

Respecto a la industria “APROLEQ” brinda productos derivados de la leche siendo el queso su principal producto, el cual es comercializado en el cantón y en la ciudad de Guayaquil. El volumen de procesamiento es de 2000 litros de leche al día y un consumo de 5-8 litros de agua por cada kilogramo de queso que se produce.

La empresa labora todos los días ininterrumpidamente en horarios de 06:30am a 16:30pm, con 3 personas en el área de procesamiento.

La empresa cuenta con un área de 436.54 m<sup>2</sup> de construcción (ver anexo 2.5), además tiene un sistema de drenaje mixto, es decir, un sistema de drenaje sanitario y un sistema de drenaje del efluente producido por los diferentes procesos que se realizan. El drenaje sanitario consta de tuberías de PVC de 110mm que evacuan el agua de los S.S.H.H hacia un pozo séptico (ver anexo 2.7), como también, el drenaje del efluente consta de tuberías de PVC de 110 mm que evacuan el efluente hacia una trampa de grasas y luego hacia el alcantarillado sanitario (ver anexo 2.7). Además, la empresa cuenta con el servicio de agua potable, la cual se almacena en una cisterna y se distribuye hacia el cuarto del caldero, planta de producción y los diferentes aparatos sanitarios (ver anexo 2.6).

### 3.5.3 Diseño del filtro

El filtro se compone de tres partes: soporte metálico, tanque de reserva y filtro, los cuales se encuentran descritos en el anexo.

#### 3.5.3.1 Elaboración del filtro

- ✓ Estructura metálica

Para el trabajo experimental se utilizará una estructura metálica como soporte para el tanque de reserva del agua residual y otra estructura metálica para soporte del filtro cuyas dimensiones se presentan en los anexos 2.2.

- ✓ Partes del filtro

Los materiales empleados para la elaboración del filtro son los siguientes:

- Tanque plástico de 55 galones
- Recipiente plástico (guarda móvil grande) 57cm\* 42cm\*34cm
- Adaptador de  $1/2''$  (2)
- Te de  $1/2''$  (3)
- Reductor de  $1/2''$  a  $1/8''$  (2)
- Neplo de  $1/2'' * 5cm$
- Válvula de compuerta  $1/2''$
- Tubo Pvc  $1/2''$  80cm
- Codo de  $90^\circ 1/2''$
- Tubo Pvc  $1/2''$  100cm
- Tubo Pvc  $1/2''$  20cm (2)
- Tapón de  $1/2''$  (2)
- Manguera transparente 5m

- Plancha de tol 57cm\* 42cm\*34cm (2)
- Silicona
- Teflón

### **3.5.3.2 Funcionamiento del filtro**

El funcionamiento del proceso de filtración, desde la recolección del agua residual de la industria láctea hasta el final del proceso se detalla a continuación;

La recolección del agua residual se realizó con la ayuda de recipiente plásticos (baldes de 20 lt), los cuales se vertieron en un recipiente elevado (tanque plástico) con una capacidad de 55 galones, sirviendo este como un sedimentador. Luego mediante una válvula de compuerta se permitió el paso del caudal de flujo constante igual a 0.105 lt/min hacia un recipiente plástico (guarda móvil grande) cuyas dimensiones son de 57cm\*42cm\*34cm, donde se encuentra el material filtrante (piroclasto volcánico), el caudal será distribuido en toda la superficie del filtro de manera uniforme por medio de una plancha de tol, finalmente al terminar el proceso de filtración el agua tratada será recogida por otra plancha de tol ubicada en el fondo del filtro posterior a esto será evacuada para la recolección de las muestras.

Nota: El llenado del tanque se lo realizó cada día durante los 92 días de funcionamiento a una hora específica y garantizar una carga hidráulica del 1/3 de la altura del tanque para mantener el caudal constante.

- ✓ Control del caudal del filtro

Para mantener y controlar el caudal de salida siempre constante durante todo el tiempo de funcionamiento filtro se instaló una válvula de compuerta.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Recolección de datos

##### 4.1.1 Obtención del material

Los piroclastos se consiguieron fácilmente en el camino Baños-Riobamba a 1 km del sector conocido como “los pájaros”. La recolección del material fue manual y de fácil acceso como se muestra en la figura 13, ya que se encontraba en la superficie debido a las erupciones anteriores del volcán Tungurahua.

Figura 13. Recolección del material



Fuente: Autor

##### 4.1.1.1 Preparación del material filtrante

**El lavado:** se lo realizó con agua a presión por un tiempo de 10 minutos y zarandeando hasta eliminar las partículas de polvo y arena, para que no intervenga en las características porosas del material.

**Secado:** para la eliminación de la humedad existente en el piroclasto y facilitar el trabajo se expuso el material al sol durante tres días a una temperatura promedio de 24° C, removiendo el material cada 3 horas para apresurar el proceso de secado.



**Granulometría:** para poder determinar el tamaño de partículas adecuado como material filtrante se realizó el ensayo de granulometría mostrado en la tabla 6 y así se obtuvo la curva granulométrica del material expuesto en el gráfico 1, bajo las condiciones que indica la norma NTE INEN 696.[35]

Tabla 6. Ensayo de granulometría del material

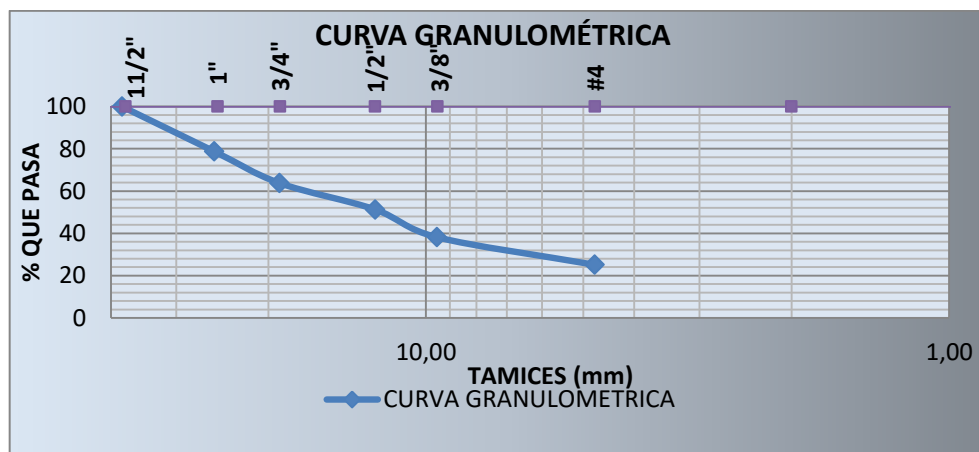
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b> <b>GRANULOMETRÍA DE SUELOS</b>				
<b>ENSAYADO:</b>	Cunalata Guachamboza Edison Javier			
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Técnica de Ambato predio Huachi Chico			
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS</b>				
TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	13524,00	21,21	78,79
3/4"	19,05	23099,00	36,22	63,78
1/2"	12,50	31064,00	48,71	51,29
3/8"	9,53	39423,00	61,82	38,18
#4	4,76	47742,00	74,86	25,14
PASA #4		63772,00	100,00	0,00
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>NORMA:</b>	<b>NTE INEN 696</b>

Elaborado por: Autor

Fuente: [35]

El gráfico 1 representa el resultado obtenido del ensayo desde un punto de vista de la distribución por tamaño de las partículas y el porcentaje del material que lo conforma, para conocer las características y propiedades del material.

Gráfico 1. Curva granulométrica del material



Elaborado por: Autor

**Densidad real del material:** este ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN 857 como se indica en la tabla 7, para determinar la masa del material es necesario conocer su densidad. [36]

Tabla 7. Ensayo para determinar la densidad real

ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL DEL AGREGADO		
PROCESO	DENOMINACIÓN	MASA (g)
Masa canastilla en el aire	m1	1185,4
Masa canastilla + agregado sss, en el aire	m2	3185,4
Masa del agregado sss en el aire	$M_{sss}=m2-m1$	2000
Masa canastilla + agregado sss, en el agua	m3	1976,5
Masa canastilla en el agua	m4	1075,8
Masa del agregado en el agua	$Menelagua=m3-m4$	900,7
Volumen del agregado ( $M_{sss}-Menelagua$ )/dagua	$V_{sss}$	1,0993
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO EN Kg/dm <sup>3</sup> ( $M_{sss}/V_{sss}$ )	$DRR=M_{sss}/V_{sss}$	1819,340
<b>NORMA:</b>	INEN 857	

Elaborado por: Autor

Fuente: [36]

**Tamaño y porcentaje de vacíos:** la granulometría escogida para establecer la capa del filtro es mayor 4,76mm y menor a 12,50 mm, esto se realizó con la ayuda de tamices cuadrados. Para reducir los porcentajes de vacíos se realizaron los siguientes cálculos indicados a continuación.

- ✓ Volumen del recipiente del filtro

$$V = \left( \frac{0.10 + 0.05}{2} \right) * 0.57 * 0.42 = 0.018m^3$$

- ✓ Masa del material

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho_{real\ del\ material} = 1845\ \frac{kg}{m^3}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1845\ \frac{kg}{m^3} * 0.018m^3 = 33.21\ kg\ (Material\ suelto)$$

- ✓ Cálculo del porcentaje del material para cada tamiz

Para reducir el porcentaje de vacíos del paquete del filtro se seleccionó los tamices de 1/2'', 3/8'' y #4 con los porcentajes mostrados en la tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje del material para cada tamiz

PORCENTAJE DEL MATERIAL EN PESO			
Tamiz	Peso (gr)	Diferencia de Pesos (gr)	Porcentaje %
1/2''	4871,05		25,6%
3/8''	6181,87	1310,82	25,4%
#4	7486,36	1304,49	49,0%
	10000	2513,64	
		5128,95	100,0%

Elaborado por: Autor

- ✓ Cálculo del material por peso para cada tamiz

En el tabla 9 se detalla la masa necesaria para obtener la masa del paquete del filtro de cada uno de los tamices.

Tabla 9. Masa del material para la mezcla en peso

MASA DEL MATERIAL EN PESO			
Tamiz	PORCENTAJE %	masa del material (kg)	masa de mezcla (kg)
1/2''	25,6%	33,21	8,49
3/8''	25,4%		8,45
#4	49,0%		16,28

Elaborado por: Autor

#### 4.1.2 Muestreo

Para realizar los análisis físico-químicos las muestras fueron recogidas en situ, se tomó un volumen de un litro de muestra en recipientes de vidrio ámbar completamente desinfectado debidamente etiquetadas con la fecha, lugar, tipo de muestra, hora, y llevándolas lo más rápido posible a los laboratorios en coolers con hielo a una temperatura de 5°C para la preservación de las mismas. Todo esto basándose en las especificaciones para la recolección, manejo, conservación, calidad del agua y técnicas de muestreo de las normas NTE INEN 2 169 y NTE INEN 2 176.[37][38]

#### 4.1.3 Métodos utilizados para la caracterización del agua residual

La caracterización del agua residual de la industria láctea ‘‘APROLEQ’’ se fundamenta en los métodos empleados por los laboratorios en el cual fueron dejadas las muestras las cuales se especifican en la tabla 10.

Tabla 10. Métodos usados por los laboratorios para los análisis físico-químicos de las aguas residuales

LABORATORIO	PARÁMETRO	MÉTODO
Lacquanálisis S.A.	DBO5	PRO TEC 030/ APHA 5220 B
	DQO	PRO TEC 014/ APHA 5220 D
	Aceites y Grasas	PRO TEC 053/ EPA1664 A
Laboratorio de servicios ambientales UNACH	DBO5	STANDARD METHODS 5210 B
	DQO	STANDARD METHODS 5220 D
	Aceites y Grasas	EPA 418.1
Laboratorio de Química FICM	Aceites y Grasas	EPA 418.1

Elaborado por: Autor

Fuente: Informes de los resultados de los Laboratorios.

#### 4.1.4 Determinación del consumo de agua

Para obtener el consumo de agua se consideró por separado el consumo en los procesos de producción por un periodo de 8 días y el consumo por instalaciones sanitarias mostradas en la tabla 11 y 12.

Tabla 11. Determinación del caudal medio diario

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MEDIO DIARIO UTILIZADO EN LA INDUSTRIA LÁCTEA "APROLEQ"				
REALIZADO POR: CUNALATA EDISON			MEDIDOR: Volumétrico 10 bar	
PERIODO: 18/04/2017 al 25/04/2017				
DÍA	HORA MEDICIÓN	LECTURA	CONSUMO m <sup>3</sup> /día	OBSERVACIONES
MARTES	17:15	7587,9787		
MIÉRCOLES	17:15	7589,8926	1,9139	
JUEVES	17:15	7591,0593	1,1667	
VIERNES	17:15	7592,6765	1,6172	
SÁBADO	17:15	7594,8619	2,1854	
DOMINGO	17:15	7596,0163	1,1544	
LUNES	17:15	7597,9134	1,8971	
MARTES	17:15	7599,9823	2,0689	
PROMEDIO=			<b>1,72</b>	

Elaborado por: Autor

Tabla 12. Caudales máximos de aparatos sanitarios

CUADRO DE CAUDALES MÁXIMOS DE APARATOS SANITARIOS								
NIVEL	USO	TIPO APARATO SANITARIO	UNIDAD	CAUDAL				
				Método Británico lt/sg	Método Alemán lt/sg	Método Racion al lt/sg		
0,00	INDUSTRIA	INODORO						
		LAVAMANOS	2	0,252	2,00	0,2		
		URINARIO						
		LAVAPLATOS						
		RIEGO						
		OTRO						
		PARCIAL POR PISO		0,252	0,356	0,20		
0,00	BAÑOS	INODORO	1	0,315	1,00	0,2		
		LAVAMANOS	1	0,126	1,00	0,1		
		URINARIO						
		LAVAPLATOS						
		RIEGO						
		OTRO						
				PARCIAL POR PISO		0,441	0,356	0,30
				TOTAL=	4	0,693	0,71	0,50
		CAUDAL CORREGIDO=		0,68	0,71	0,50		

Elaborado por: Autor

Para el cálculo del caudal máximo de aparatos sanitarios se asume el método racional igual a 0,74 lt/sg, ya que está dentro de los métodos semi empíricos más confiables y reales.

Cálculo del caudal medio diario por aparatos sanitarios

$$Q_{\max} = K * Q_{\text{md}}$$

$$Q_{\text{md}} = \frac{Q_{\max}}{K}$$

$$K = K_1 * K_2$$

$$K_1 = 1.5$$

$$K_2 = 12.2$$

$$K = 1.5 * 12.2 = 3.3$$

$$Q_{\text{md}} = \frac{0.50 \frac{\text{lt}}{\text{s}}}{3.3}$$

$$Q_{\text{md}} = 0.15 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{md}} = 0.54 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Caudal utilizado en la elaboración de productos lácteos

$$Q_{\text{consumo}} = 1.72 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} - 0.54 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{consumo}} = 1.18 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$



## 4.2 Análisis de resultados

### 4.2.1 Analisis del agua residual

Para el desarrollo del presente trabajo experimental, es imprescindible conocer las características físico-químicas del efluente proveniente de la industria láctea, cuyos resultados se presentan en la tabla N° 13.

Tabla 13. Análisis físico-químicos del efluente de la industria láctea

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE PERMISIBLE
DBO5	mg/l	10706,00	250,0
DQO	mg/l	20220,00	500,0
Aceites y Grasas	mg/l	2999,70	70,0

Fuente: Informe de resultados análisis físico-químicos laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, laboratorio de química FICM.

### 4.2.2 Análisis del agua filtrada

Para determinar el comportamiento del filtro se realizaron los análisis físico-químicos del agua filtrada y así determinar su eficiencia durante el tiempo. La toma de muestra se efectuó a los 10 (M1), 43 (M2), 50 (M3), 57 (M4), 64 (M5), 71 (M6), 78 (M7), 85 (M8) y 92 (M9) días.

En la tabla 14 se muestran los resultados de los analisis físico-químicas del agua tratada durante los 92 días de funcionamiento del filtro, en la cual, se puede apreciar que todas concentraciones obtenidas han disminuido considerablemente, sin embargo todos los parámetros superan los límites permisibles establecidos por el TULSMA.

Tabla 14. Resumen de los Análisis físico-químicos

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS			
TIPO DE AGUA	PARÁMETROS		
	DBO5	DQO	Aceites y Grasas
	mg/l	mg/l	mg/l
RESIDUAL	10706	20220	2999,70
M1	1188,85	1730,50	370,00
M2	1342	3350	626,00
M3	3534	6930	799,92
M4	2360	5130	599,94
M5	3702	7260	533,28
M6	3044	5840	666,60
M7	3172	5855	533,28
M8	2660	7600	733,26
M9	5324	8751	866,58

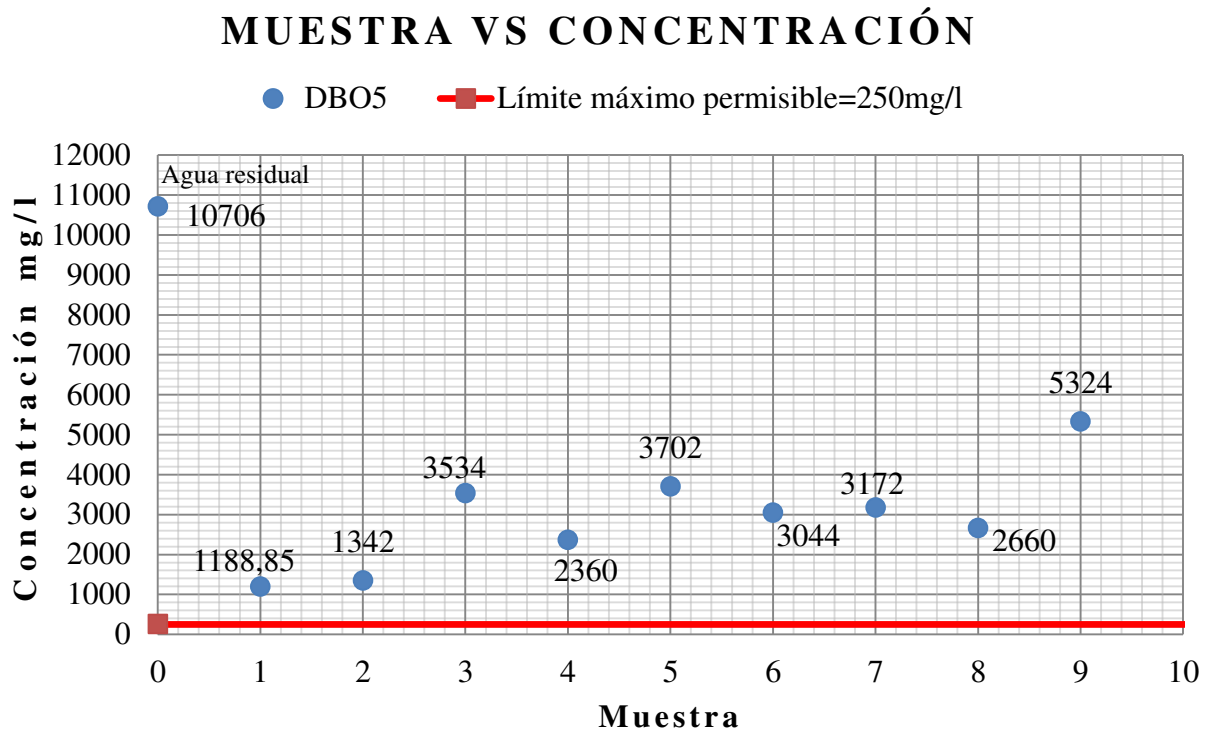
Fuente: Informe de resultados análisis físico-químicos laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, laboratorio de química FICM.

Elaborado por: Autor

### 4.2.3 Interpretación de los gráficos por parámetro

#### 4.2.3.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Gráfico 2. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (dbo<sub>5</sub>) en el transcurso del tiempo.



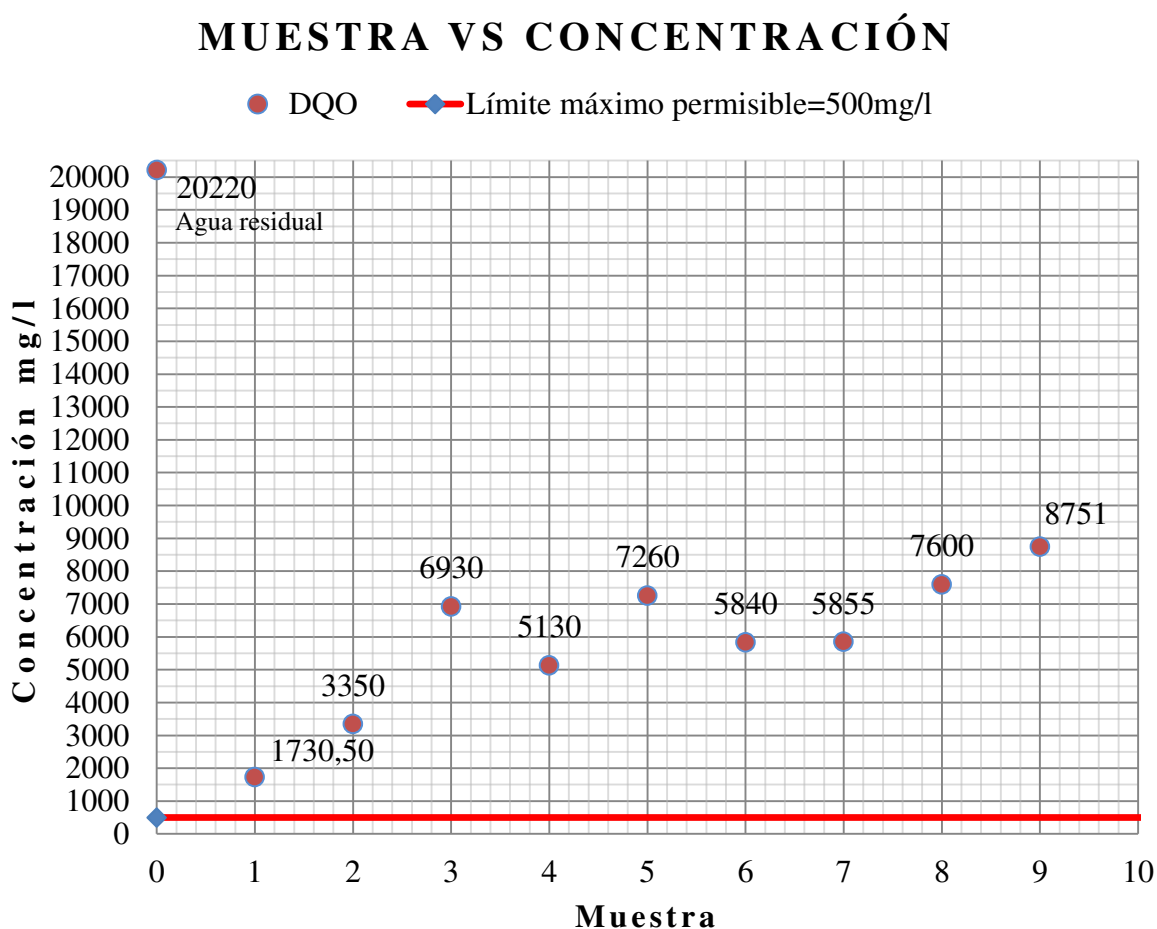
Elaborado por: Autor

Mediante la evaluación del gráfico 2 se observa que la concentración inicial de DBO<sub>5</sub> del efluente fue de 10706mg/l, y desde la instauración del filtro va disminuyendo considerablemente en los primeros 43 días de funcionamiento con una reducción de 9364mg/l. A partir de esto a aumentando paulatinamente, y en el día 92 el rendimiento disminuyó debido a la acumulación de la materia orgánica en el filtro. Además, el filtro durante los 43 primeros días obtuvo la mayor eficiencia, y a partir de esto su comportamiento aumentado, lo cual que indica que el material va perdiendo su capacidad de retención.

Además, todos los resultados de los análisis conseguidos durante los 92 días no cumplen con el límite permisible de 250 mg/l expuesto en del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

#### 4.2.3.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Gráfico 3. Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en el transcurso del tiempo.



Elaborado por: Autor

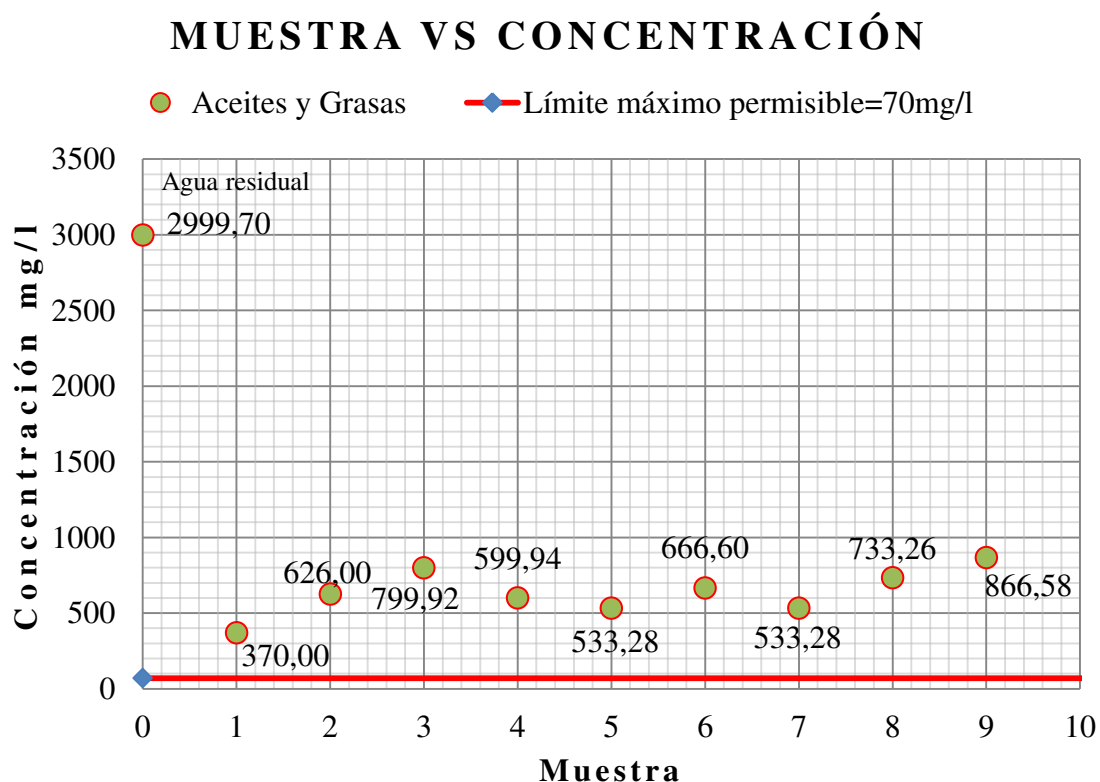
Mediante la evaluación del gráfico 3 se observa que la concentración de DQO del efluente fue de 20220 mg/l, y desde la instauración del filtro ha ido disminuyendo considerablemente en los primeros 43 días de funcionamiento con una reducción de

16870 mg/l. A partir de esto ha ido aumentando, y en el día 92 con una reducción máxima de 11469 mg/l se observa que el rendimiento ha disminuido debido a la acumulación de la materia orgánica en el filtro. Además, el filtro durante los 43 primeros días obtuvo la mayor eficiencia, y a partir de esto su comportamiento aumentado, lo cual que indica que el material va perdiendo su capacidad de retención.

Además, todos los resultados de los análisis conseguidos durante los 92 días no cumplen con el límite permisible de 500 mg/l expuesto en del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

#### 4.2.3.3 Aceites y grasas

Gráfico 4. Comportamiento de aceites y grasas en el transcurso del tiempo.



Elaborado por: Autor

Mediante la evaluación del gráfico 4 se observa que la concentración de aceites y grasas del efluente fue de 2999,70 mg/l, y desde la instauración del filtro va disminuyendo considerablemente en los primeros 10 días de funcionamiento con una reducción de 2629,70 mg/l. A partir de esto a aumentando hasta el día 50 con una concentración de 799,92 mg/l, y durante los días 57 hasta 85 no hubo alteraciones considerables y se mantuvieron dentro de un rango de concentraciones de entre  $\pm 266,64$  mg/l, luego fue aumentando gradualmente hasta el día 92 con una reducción máxima de 2133,12 mg/l, además se observa que el rendimiento del filtro ha sido constante.

Además, todos los resultados de los análisis conseguidos durante los 92 días no cumplen con el límite permisible de 70 mg/l expuesto en del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

#### 4.2.4 Análisis de la eficiencia del filtro

La eficiencia del filtro determina la cantidad de partículas contaminantes que retiene y deja pasar el filtro durante su vida útil, y se calcula de la siguiente manera.

$$\%Remoción = \frac{C_0 - C_f}{C_0} * 100$$

Donde:

$C_0$  = Concentración Inicial

$C_f$  = Concentración Final

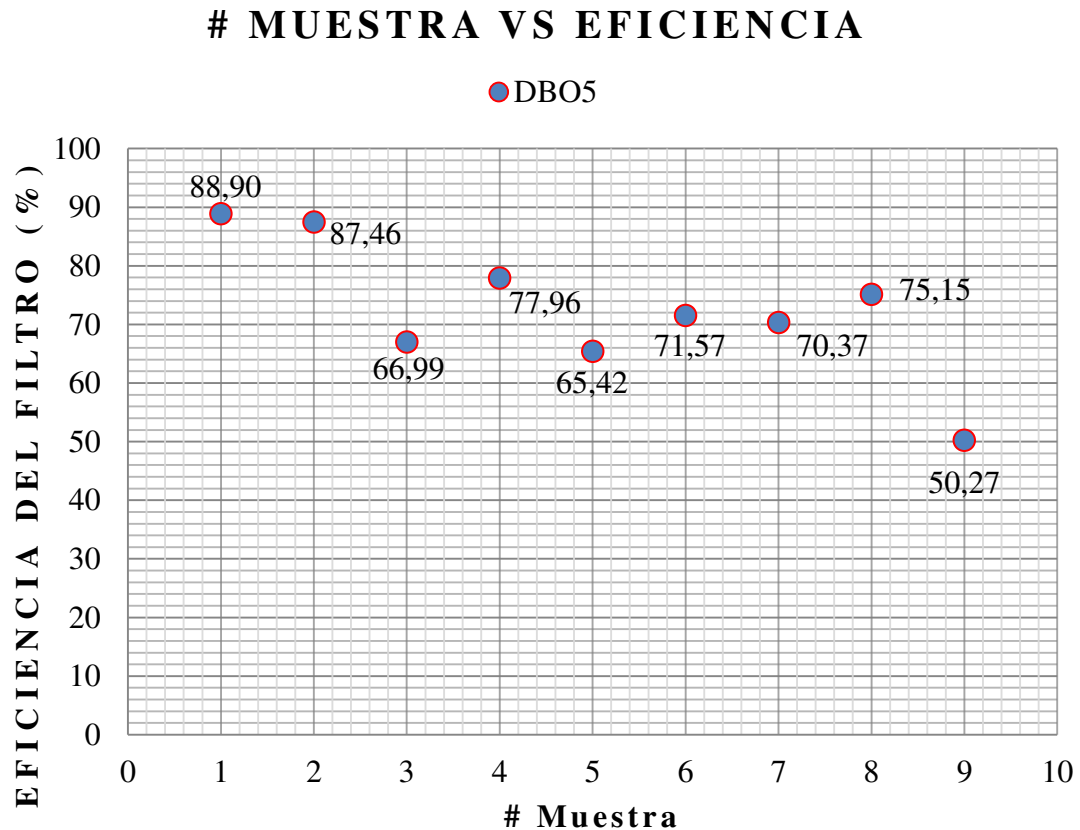
El la tabla 15 se muestra el porcentaje de remoción de los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, Aceites y grasas, cuyos resultados han demostrado una eficiencia promedio superior al 70% durante el tiempo de funcionamiento del filtro.

Tabla 15. Resumen de los porcentaje de remoción de los parámetros para determinar la eficiencia del filtro.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS						
TIPO DE AGUA	PARÁMETROS					
	DBO5		DQO		Aceites y Grasas	
	mg/l	Remoción %	mg/l	Remoción %	mg/l	Remoción %
Residual	10706		20220		2999,70	
M1 Filtrada	1188,85	88,90	1730,50	91,44	370,00	87,67
M2 Filtrada	1342	87,46	3350	83,43	626,00	79,13
M3 Filtrada	3534	66,99	6930	65,73	799,92	73,33
M4 Filtrada	2360	77,96	5130	74,63	599,94	80,00
M5 Filtrada	3702	65,42	7260	64,09	533,28	82,22
M6 Filtrada	3044	71,57	5840	71,12	666,60	77,78
M7 Filtrada	3172	70,37	5855	71,04	533,28	82,22
M8 Filtrada	2660	75,15	7600	62,41	733,26	75,56
M9 Filtrada	5324	50,27	8751	56,72	866,58	71,11
	Promedio=	72,68	Promedio=	71,18	Promedio=	78,78

#### 4.2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Gráfico 5. Eficiencia del filtro para la remoción del DBO<sub>5</sub>.



Elaborado por: Autor

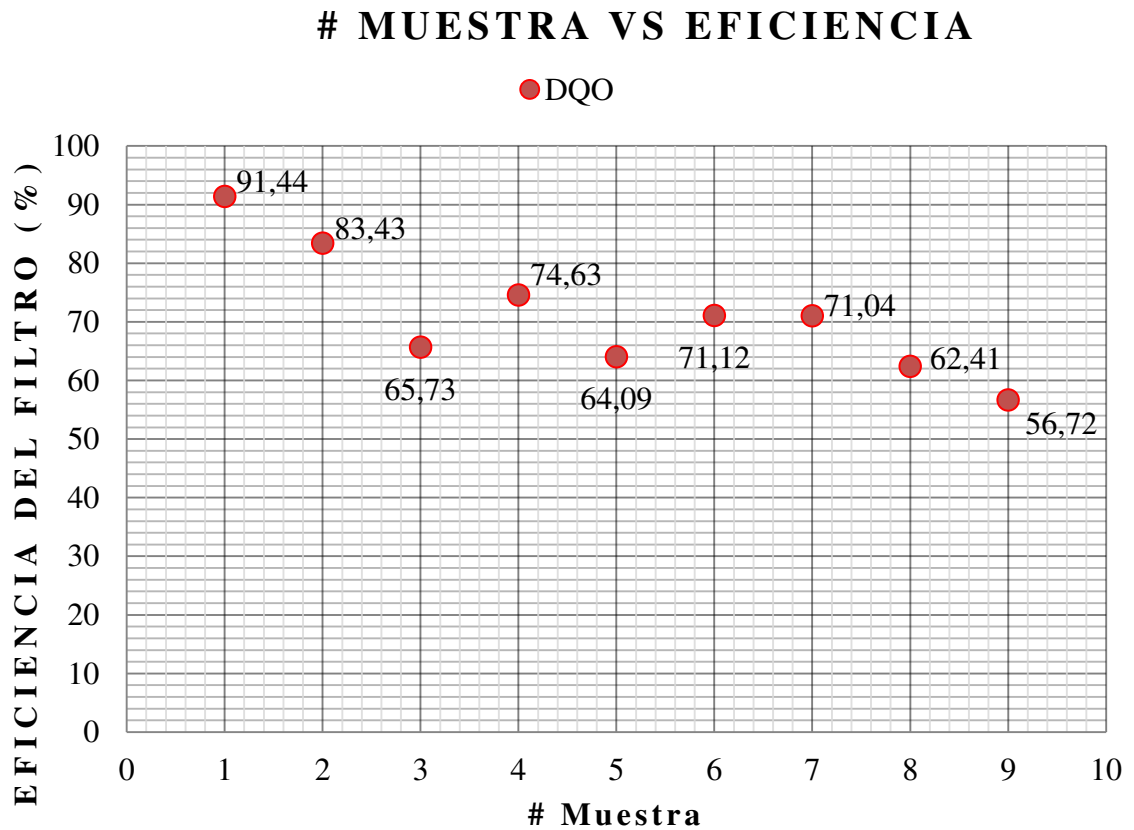
En el gráfico 5 se puede apreciar que en el día 10 de funcionamiento existe una eficiencia máxima del 88,90% con un valor de 1188,85 mg/l y se mantiene con una pequeña disminución del -1,44% hasta el día 43. Durante la siguiente semana se produce un descenso en el porcentaje de la efectividad llegando al 66,99% correspondiente al día 50 con un valor de 3534 mg/l, debido a que la industria desechó la salmuera producto del proceso de producción elevando la contaminación. Luego de este suceso el filtro retoma su eficiencia y alcanza el 77,96% de efectividad correspondiente al día 57. En el día 64 se observa una disminución de la eficiencia llegando al 65,42% , debido a que en la parte superior del filtro se formó una lámina de materia orgánica y se realizó el mantenimiento de ésta, dando como resultado el aumento de la efectividad hasta un



75,15% correspondiente al día 85, finalmente durante el último lapso de funcionamiento hasta el día 92 se observa que la efectividad va disminuyendo considerablemente alcanzando una efectividad del 50,27% con un valor de 5324 mg/l, e interpretando que el material se comienza a deteriorar a causa de la acumulación de materia orgánica en el filtro.

#### 4.2.4.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Gráfico 6. Eficiencia del filtro para la remoción del DQO.



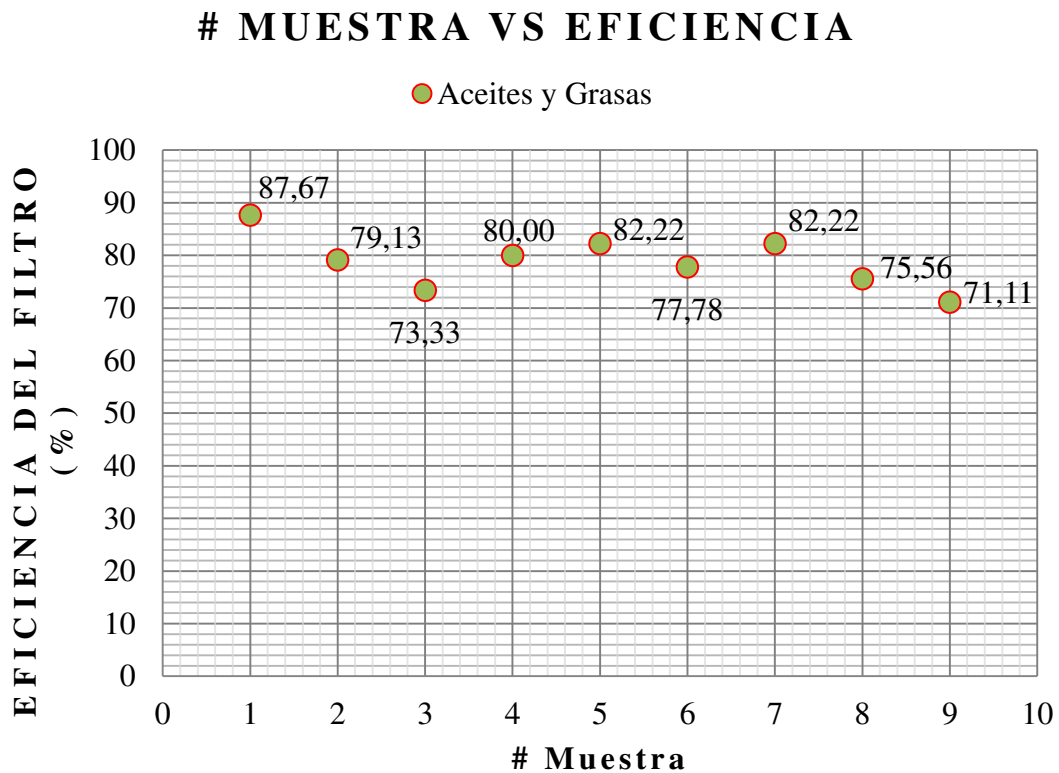
Elaborado por: Autor

En el gráfico 6 se puede apreciar que en el día 10 de funcionamiento existe una eficiencia máxima del 91,44% con un valor de 1730,50 mg/l, y luego va disminuyendo pausadamente hasta el día 43 con una efectividad del 83,43%. Durante la siguiente semana se produce un descenso en el porcentaje de la efectividad llegando al 65,73% correspondiente al día

50 con un valor de 6930 mg/l, debido a que la industria desechó la salmuera producto del proceso de producción elevando la contaminación. Luego de este suceso el filtro retoma su eficiencia y alcanza el 74,63% de efectividad correspondiente al día 57. En el día 64 se observa una disminución de la eficiencia llegando al 64,09% , debido a que en la parte superior del filtro se formó una lámina de materia orgánica y posteriormente se realizó el mantenimiento de ésta, dando como resultado el aumento de la efectividad hasta un 71,04% correspondiente al día 78, finalmente a partir de este día hasta el día 92 se observa que la efectividad va disminuyendo considerablemente alcanzando una efectividad del 56,72% con un valor de 8751 mg/l, e interpretando que el material se comienza a deteriorar a causa de la acumulación de materia orgánica en el filtro.

#### 4.2.4.3 Aceites y grasas

Gráfico 7. Eficiencia del filtro para la remoción de aceites y grasas.



Elaborado por: Autor

En el gráfico 7 se pudo apreciar que en el día 10 de funcionamiento existe una eficiencia máxima del 87,67% con valor de 370 mg/l, y luego va disminuyendo pausadamente hasta el día 43 con una efectividad del 79,13%. Durante la siguiente semana se produce un descenso en el porcentaje de la efectividad llegando al 73,33% correspondiente al día 50 con un valor de 799,92 mg/l. Luego de este suceso el filtro retoma su eficiencia y alcanza el 82,22% de efectividad correspondiente al día 64. En el día 64 se observa una disminución de la eficiencia llegando al 77,78% , debido a que en la parte superior del filtro se formó una lámina de materia orgánica y posteriormente se realizó el mantenimiento de ésta, dando como resultado el aumento de la efectividad hasta un 82,22% correspondiente al día 78, finalmente a partir de este día hasta el día 92 se observa que la efectividad va disminuyendo considerablemente alcanzando una efectividad del 71,11% con un valor de 866,58 mg/l, e interpretando que el material se comienza a deteriorar a causa de la acumulación de materia orgánica en el filtro.

Se han realizado varias investigaciones en el área de hidráulica sanitaria, como la purificación de agua potable y tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando el piroclasto volcánico como material filtrante. A cuanto a la purificación del agua; en [5] se obtuvieron resultados positivos respecto a la eficiencia de algunos parámetros estudiados como: sólidos suspendidos 75,90%, turbiedad 42,14%, PH 4,15%, así mismo, en [6] se obtuvieron resultados positivos como: turbiedad 3%, conductividad 11%, PH 1%, sólidos suspendidos y nitratos 88%, ambos trabajos y ésta investigación apoyan a que el piroclasto volcánico contribuye a la reducción de los contaminantes. Mientras en el tratamiento de aguas residuales domesticas en [4] se obtuvieron resultados muy favorables de eficiencia como: demanda biológica de oxígeno 94%, solidos totales en un rango amplio del 16% y 84% y coliformes totales 100%, a lo que se refiere al DBO<sub>5</sub> ésta investigación obtuvo un valor de 72,68% de efectividad promedio, dando a notar que el material retiene en un gran porcentaje. Esta investigación aporta favorablemente a otros trabajos, ya que ha demostrado una gran capacidad de retención de los contaminantes como: DBO<sub>5</sub> 72,68%, DQO 71,18%, aceites y grasas 75,56% de efectividad promedio.

### **4.3 Verificación y aceptación de la hipótesis**

De acuerdo a los análisis físico-químicos realizados en los laboratorios al efluente y al agua residual filtrada provenientes de una industria láctea, mediante un filtro compuesto de piroclasto volcánico redujeron los niveles de contaminación en un porcentaje promedio del 72.68% de DBO<sub>5</sub>, del 71.18% de DQO y del 78.78% de Aceites y grasas resultado de gráficos 5, 6 y 7 respectivamente. Por lo tanto, con los resultados obtenidos acepto la hipótesis alterna “El filtro a base de piroclasto volcánico disminuirá los niveles de contaminación del agua residual de la industria láctea “APROLEQ” ubicada en el cantón Quero”.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- ❖ El caudal medido que ingresa a la empresa es de  $1.72\text{m}^3/\text{día}$ , de lo cual se ocupa  $1.18\text{m}^3/\text{día}$  en proceso de elaboración del queso y limpieza de los equipos.
- ❖ Para el trabajo se utilizó tres tamaños de granos del material de 1/2", 3/8" y el tamiz #4, con un porcentaje de mezcla de 25.6%, 24.4% y 49.0% respectivamente, para reducir el porcentaje de vacíos del filtro.
- ❖ Mediante el análisis físico-químico realizado al efluente proveniente de la industria, se evidenció los altos niveles de contaminación, debido a su gran contenido de  $\text{DBO}_5$  (10706.0 mg/l), DQO (20220.0 mg/l), Aceites y grasas (2999.70 mg/l).
- ❖ Mediante los análisis físico-químicos realizados al agua residual filtrada proveniente de la industria, la menor concentración llegó a ser 1188,85 mg/l para  $\text{DBO}_5$ , 1730,50 mg/l para DQO, 370 mg/l para Aceites y grasas, valores que representan efectividades de remoción de 88,90%, 91,44% y 87,67 respectivamente con respecto al efluente.
- ❖ Se concluyó que la vida útil del material está dentro de un período de 43 días, ya que obtuvo el mayor porcentaje de remoción sobre el 87% en todos los parámetros, y luego va disminuyendo hasta los 92 días de funcionamiento con una eficiencia del: 50,27%, 56,72% y 71,11% de  $\text{DBO}_5$ , DQO, Aceites y grasas respectivamente.
- ❖ El filtro con piroclasto volcánico podría ser utilizado como una alternativa viable en tratamientos preliminares, ya que logró reducir considerablemente los niveles de contaminación de todos los parámetros estudiados, pero ningún parámetro logró cumplir con los límites permisibles establecidos en la normativa del TULSMA.

## 5.2 Recomendaciones

- ✚ Con los resultados obtenidos en la investigación se recomienda la combinación con otro material que aporte a la disminución de los agentes contaminantes, ya que con el material utilizado no se pudo reducir la contaminación hasta los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente
- ✚ Se aconseja realizar los análisis en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y observar los cambios que va presentando las diferentes muestras durante el desarrollo de la investigación.

## Materiales de referencia

### 1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. V. Denicia, M. L. Ramír, and Z. Castillo, “La industria de la leche y la contaminación del agua,” *Elementos*, vol. 73, pp. 27–31, 2012.
- [2] W. Vascones, José, Hernández, “Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales ‘EL SALINERITO’ Salinas, Bolívar,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2014.
- [3] QuimiNet, “Cómo se forma la arena volcánica,” 2012. [Online]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/como-se-forma-la-arena-volcanica-41511.htm>.
- [4] C. Sanhueza, J. Palma, O. Araneda, and K. Calderón, “Evaluación del comportamiento geotécnico de suelos volcánicos chilenos para su uso como material de filtro en la depuración de aguas residuales domésticas,” *Rev. la Construcción*, vol. 10, no. 2, pp. 66–81, 2011.
- [5] L. R. Bastidas Sarabia, “Diseño de un filtro con piroclasto fino para la purificación del agua de la comunidad San Francisco (Baños-Tungurahua),” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2012.
- [6] G. F. Villota, “Diseño De Un Filtro Con Piroclastos Gruesos Para La Purificación Del Agua De La Comunidad De Vizcaya (Baños- Tungurahua),” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2010.
- [7] A. Jarrin, “Asociación de Productores y Comercializadores de Leche del Cantón Quero APROLEQ. 4.6.1.” pp. 6–8, 2012.
- [8] O. Arango Bedoya and L. Sanches E Sousa, “Tratamiento De Aguas Residuales De La Industria Láctea En Sistemas Anaerobios Tipo Uasb,” *Rev. Fac. Ciencias Agropecu.*, vol. 7, no. 2, pp. 24–31, 2012.

- [9] Ministerio del Ambiente, *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. Anexo 1 del libro vi del, 2015, pp. 1–37.
- [10] Tecnicos DIEA, “Encuesta de gasto e inversión en protección ambiental,” no. Egipa, pp. 0–6, 2009.
- [11] M. N. Jimenez Navas, “Evaluación de un filtro artesanal del efluente de una lavadora de autos a base de bagazo de caña de maíz, aserrín, ceniza de carbón vegetal y grava.,” Universidad Tecnica de Ambato, 2016.
- [12] V. Maldonado, *Tratamiento de agua para consumo humano plantas de filtración rápida*, Tomo II. Lima: CEPIS/OPS, 2005.
- [13] M. Molina, *Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas resi*. 2016.
- [14] A. Jácome, I. Tejero, and J. Temprano, “Filtración Rápida,” España, 2012.
- [15] J. Arboleda, “Teoría y diseño y control de los procesos de clarificación del agua,” *Cent. Panam. Ing. Sanit. y Ciencias del Ambient. CEPIS*, p. 558, 1981.
- [16] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand, K. j. Howe, G. Tchobanoglous, and J. H. Borchardt, *MWH 's Water Treatment Principles and Design*, Tercera. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- [17] “proceso de adsorción.” [Online]. Available: <https://todosigueligual.files.wordpress.com/2013/09/adsorc.gif>. [Accessed: 02-Aug-2017].
- [18] E. Roman, “Filtración,” *SlideShare*, 2013. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/efriderm/filtracin-24822198>. [Accessed: 25-Jul-2017].
- [19] “Introducción a las operaciones unitarias.” [Online]. Available: <https://image.slidesharecdn.com/introduccinalasoperacionesunitarias->



151009030923-lva1-app6892/95/introduccion-a-las-operaciones-unitarias-55-638.jpg?cb=1444360356. [Accessed: 02-Aug-2017].

- [20] G. Moeller, L. Sandoval, and A. Ramirez, *Tratamiento de aguas residuales*, Primera. Mexico, 2011.
- [21] A. Raschig, “Flujo a través de medios porosos,” pp. 1–17.
- [22] O. Jerez, “Vocabulario de términos geográficos.” [Online]. Available: <http://vocabulariogeografico.blogspot.com/2011/12/piroclasto.html>.
- [23] O. Sanchez and M. Herzig, *Perspectivas sobre conservacion de ecosistemas*. Mexico, 2007.
- [24] J. Fernández and M. D. Curt, “Métodos Analíticos para aguas residuales,” pp. 117–128, 2013.
- [25] L. E. Barba, “Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición,” Santiago de Cali, 2002.
- [26] J. Garcia, “Análisis de residuos sólidos y aguas residuales de la planta lácteos sur occidente,” *Univ. Mariño*, pp. 1–20, 2013.
- [27] L. Ramirez, “Producción Más Limpia Para el Sector Lácteo,” *Programa Ambiental Nacional*, 2005.
- [28] J. Perez and A. Gardey, “QUESO,” *Definicion.DE*, 2012. [Online]. Available: <http://definicion.de/queso/>.
- [29] P. Rosado and J. Rosado, “UF1179: Tratamientos previos de la leche,” Primera., I. Editorial, Ed. ANTEQUERA, MALAGA, 2013, p. 200.
- [30] D. J. Zamorán Murillo, “Manual de procesamiento lácteo,” *Instituto nicaraguense de apoyo a la pequeña y mediana empresa Agencia de cooperacion internacional del Japón*, Nicaragua, p. 57, 2014.
- [31] M. de los A. Colin, “Fundamentos en la elaboracion del queso,” 2014.

- [32] L. Martínez, “Planta de elaboración de quesos frescos,” Universidad Pública de Navarra, 2013.
- [33] J. F. Vélez-ruiz, “Quesos frescos : propiedades , métodos de determinación y factores que afectan su calidad,” no. June, 2016.
- [34] L. Statsenko and F. Guharay, “Procesamiento de leche y elaboración de productos lácteos,” *Catholic Relief Services*, Nicaragua, p. 124, Apr-2015.
- [35] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 696:2011,” 2011.
- [36] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 857:2010,” 2010.
- [37] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 2 169:2013,” 2013.
- [38] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 2 176:2013,” 2013.

# ANEXOS

## 2.1 FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.



Imagen 1. Recolección del material



Imagen 2. Tamizado del material



Imagen 3. Tamaño de partículas



Imagen 4. Determinación de la densidad real



Imagen 5. Colocación del material en el filtro



Imagen 6. Instalación del tanque de reserva

## 2.2 DISEÑO DEL FILTRO



## FICM -UPICIC -2017



### 1. REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO

Para el diseño del modelo del medio filtrante se ha tomado como parámetro fundamental el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) utilizado en el diseño de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaerobios convencionales. Este TRH permitirá representar los fenómenos de remoción de contaminantes en el modelo de manera similar a la que se estaría presentando en la vida real y/o prototipo.

#### TULSMA

Los valores de TRH recomendado por el TULSMA para el diseño de filtros considera dos casos especiales, el primero cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante, y el segundo cuando se considera que el material se encuentra empacado.

- TRH = 0.5 *días* = 12 *horas*, cuando se toma en cuenta características del material filtrante, como:
  - Porosidad,
  - Volumen de vacíos,
  - Granulometría, etc.
- TRH = 5.25 *horas*, cuando el material se encuentra totalmente empacado y se omite las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus respectivas características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al momento de la conformación del filtro para hacer uso del presente criterio. (granulometría realizada).

[1]

**Ecuación No. 1**

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35lt}{0.105 \text{ lt/min}} = 333,33 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 5,55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

**MANUAL DE AGUA POTABLE ALANTARILLADO Y SANEAMIENTO - FAFA**

**Tabla 1.** Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios

Parámetro de diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante (kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

**Fuente:** Chernicharo de Lemos, 2007

Se ha elegido el uso de un TRH = FAFA = 5 – 10 horas correspondiente a un gasto promedio.

Por facilidad constructiva se ha asumido un volumen de medio filtrante igual a 35 lt. reduciendo mayor cantidad de vacíos para poder tomar como referencia el valor de TRH de un medio filtrante empacado citada anteriormente.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35}{Q}$$

$$Q = \frac{35}{TRH}$$

TRH = Se ha tomado un valor de la Ecuación 1 de 5,55 horas



### Ecuación 2

$$Q = \frac{35lt}{5,55horas} = 6,30 \frac{lt}{h} = 0,105 lt/min$$

Se ha considerado valores de TRHs de alrededor de 5 horas, que se encuentran en el rango inferior de los recomendados para simular las condiciones más críticas durante el funcionamiento del filtro y ver cuál es su eficiencia bajo estas condiciones.

### TANQUE DE ABASTECIMIENTO – HOMOGENEIZACION

El volumen del tanque de abastecimiento del filtro ha sido dimensionado de tal manera que éste pueda almacenar el volumen y proveer al filtro el caudal calculado en la sección anterior durante 24 horas. Adicionalmente, se prevé un volumen adicional que sirva como factor de seguridad para que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento.

### TANQUE DE 55 GALONES



**Gráfico 1.** Tanque de 55 galones

55 galones garantizan un volumen durante las 24 horas del día

$$Q = 0,105 \frac{lt}{min} = \frac{60min}{1 h} = \frac{24 h}{1 día}$$

Caudal en 24 horas:

$$Q = 151.2 \frac{lt}{día} = \frac{1 gal}{3,78 lt} = 40 \frac{gal}{día}$$

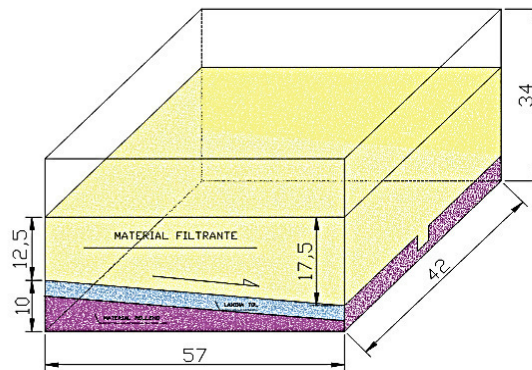
+ 15 gal para garantizar que alrededor de que 1/3 del tanque este lleno, esto para que no se quede sin agua el filtro y no deje de funcionar.

### Ecuación 3

$$V_{Tanque} = 40 + 15 = 55 galones$$

### DIMENSIONES DEL FILTRO

### MEDIDAS DEL MEDIO FILTRANTE



**Gráfico 2.** Medidas

Asumimos el trapecio lateral donde:

AT= Área Trapecio

VT = Volume trapecio

Base = 57 cm

Lado menor = 12,5cm

Lado mayor= 17,5 cm

$$AT = 57x \frac{(12,5 + 17.5)}{2}$$

**Ecuación 4**

$$AT = 855 \text{ cm}^2$$

$$VT = 855 \times 42$$

**Ecuación 5**

$$VT = 35910 \text{ cm}^3 \cong 35.91 \text{ lt}$$

En el filtro debemos mantener un volumen de **35 lt** como un valor mínimo.

Por facilidades constructivas y a la vez porque esta **etapa de proyecto consiste en el análisis del material filtrante** mas no del diseño del filtro se tomó las medidas comerciales de un recipiente plástico “GUARDAMOVIL GRANDE” con dimensiones (57x 42 x34) cm.

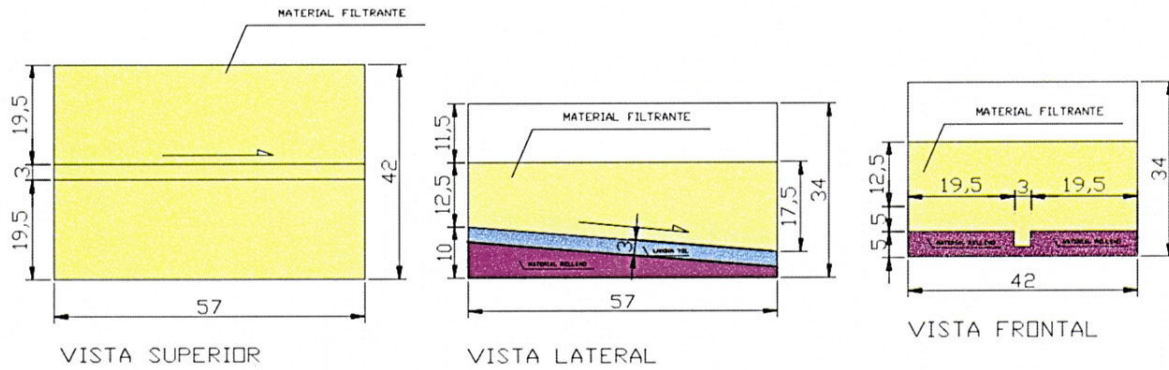


**Gráfico 3.** Guardamovil grande

En cuyo interior está dividido en dos partes:

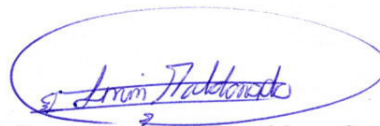
1. Material filtrante a analizar.

2. Material de soporte utilizado como relleno sin contacto con el material.



**Gráfico 4.** Especificaciones

Estas dos capas están divididas por una bandeja de recolección de tol según diseño en el Gráfico 3. Especificaciones que sirve como soporte y sistema de recolección de las aguas tratadas.



Ing. MEng. Lenin Maldonado

DOCENTE - FICM-UTA - Proyecto "Aguas Residuales" UPICIC



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015.
- [2] "Registro Oficial 387," Norma 387, Noviembre miércoles, 2015.

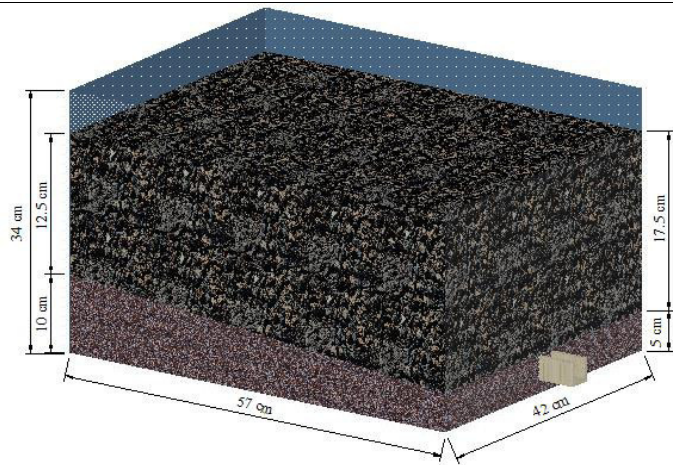


Imagen 7. Estructura del filtro

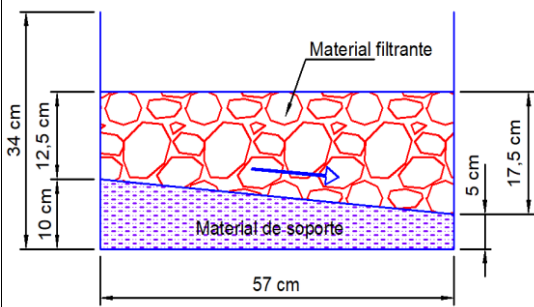


Imagen 8. Vista lateral del filtro

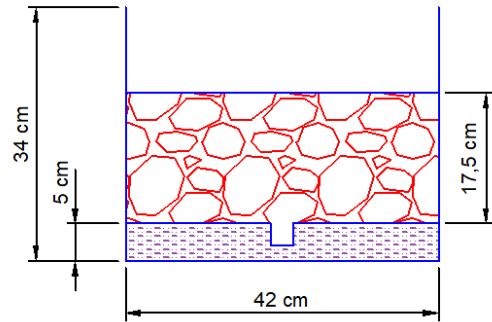


Imagen 9. Vista frontal del filtro

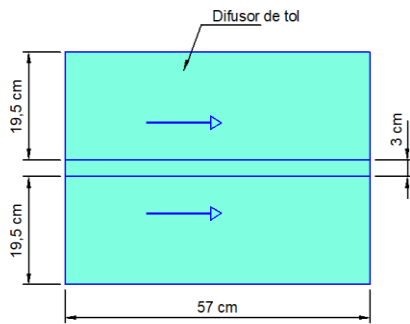


Imagen 10. Vista superior del filtro

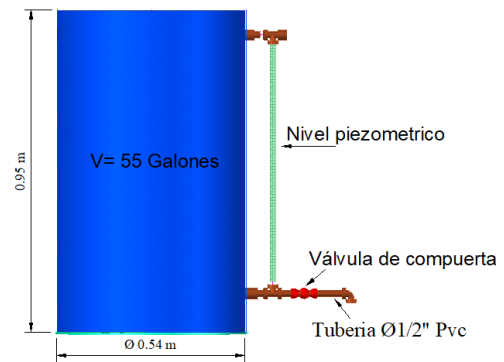


Imagen 11. Vista frontal del tanque de reserva

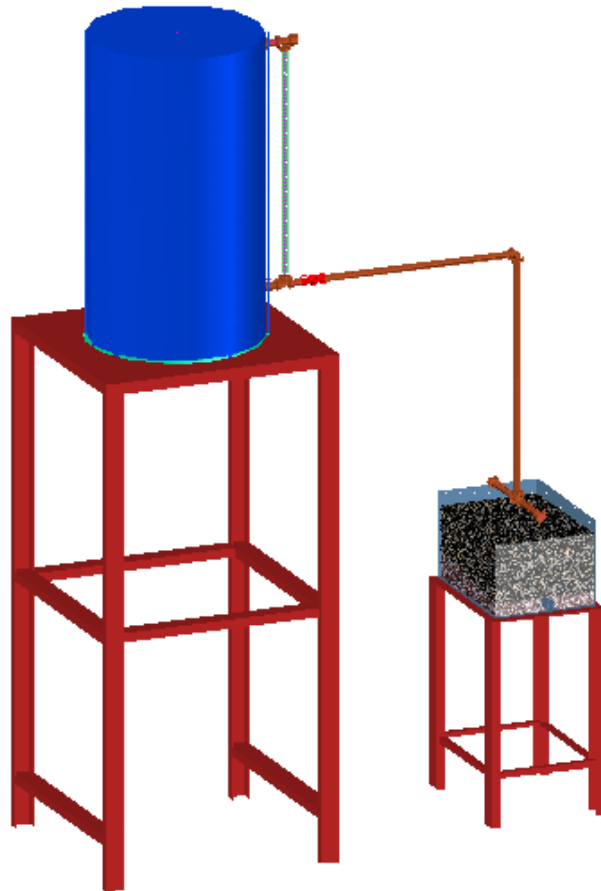


Imagen 12. Vista 3D del filtro

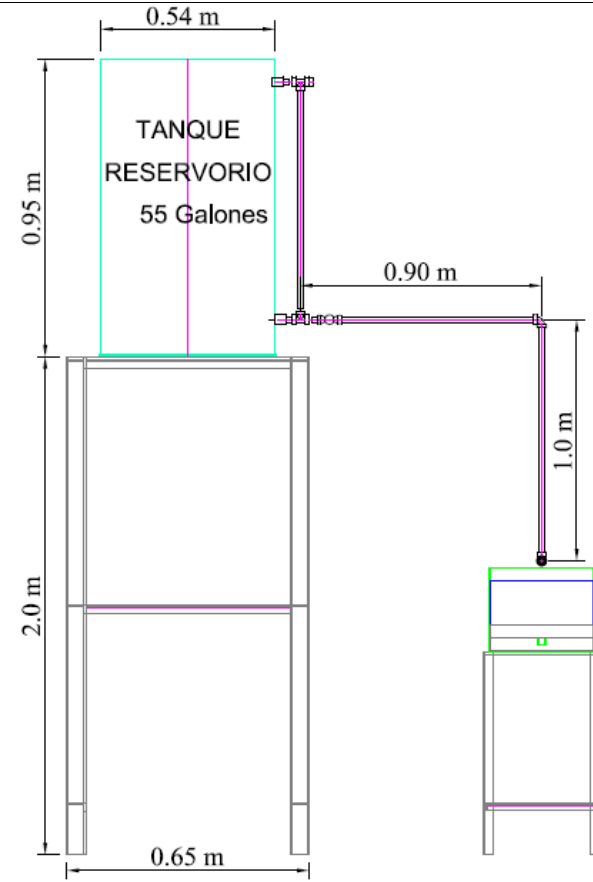


Imagen 13. Vista frontal 3d del filtro

## 2.3 IMÁGENES DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO





Imagen 14. funcionamiento del filtro



Imagen 15. Llenado del tanque

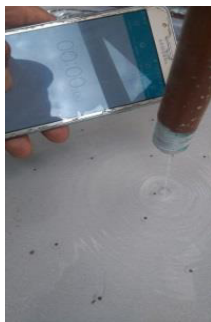


Imagen 16. Calibración del caudal



Imagen 17. Visualización del agua residual filtrada



Imagen 18. Recolección de muestras



Imagen 19. Estado final del material luego del proceso de filtrado

## 2.4 IMÁGENES DE LA DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS



Imagen 20. Colocación de 150ml de muestra



Imagen 21. Colocación de ácido sulfúrico a la muestra



Imagen 22. Colocación de hexano a la muestra



Imagen 23. Separación de aceites y grasas de la muestra



Imagen 24. Proceso de destilado del hexano



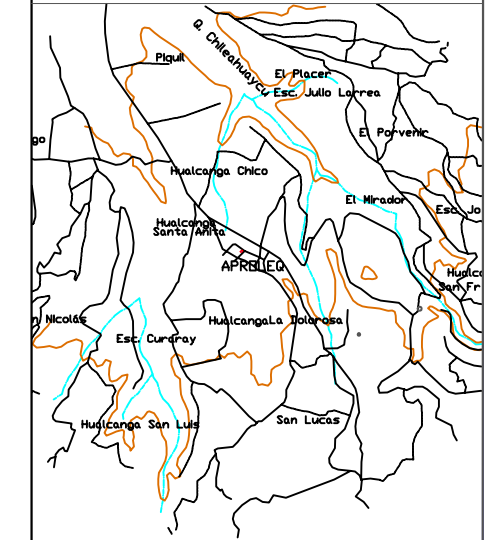
Imagen 25. Peso final de aceites y grasas

## 2.5 PLANO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA



VERTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE (Y)
P1	P1-P2	16.79	767763	9840581
P2	P2-P3	26.00	767775	9840571
P3	P3-P4	16.79	767791	9840590
P4	P4-P1	26.00	767776	9840602

**UBICACIÓN:**




**SIMBOLOGIA Y DATOS**

**ÁREA= 436.54 m<sup>2</sup>**

**PERIMETRO= 85.58 m**

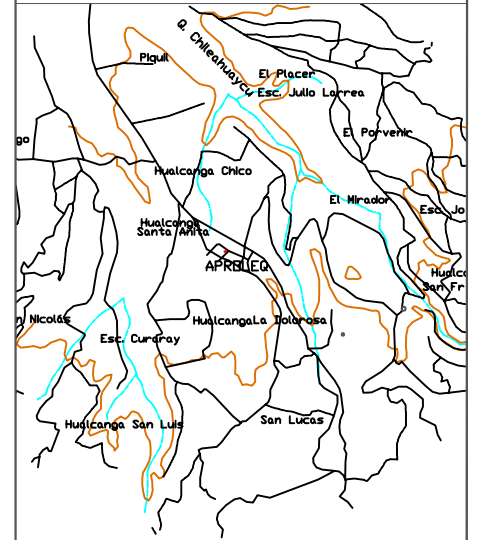
**REFERENCIAS:**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>REFERENCIA:</b> Zona: 17 Sur Norte: 9840581 m Este: 767763 m	<b>CONTIENE:</b> PLANIMETRIA DE LAS INSTALACIONES DE LA INDUSTRIA LACTEA APROLEO	<b>ESCALA:</b> 1:100
<b>DIBUJO:</b> Constanza Guachambaza Edison Javier		<b>FECHA:</b> 10/08/2017
<b>ARCHIVO:</b>		<b>HOJA No:</b> 13
<b>REVISADO:</b> Ing. Wp. Lenin Maldonado	<b>APROBADO:</b> Ing. Wp. Lenin Maldonado	<b>JEFATURA:</b>

## 2.6 PLANO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE



**UBICACIÓN:**



**SIMBOLOGIA Y DATOS**

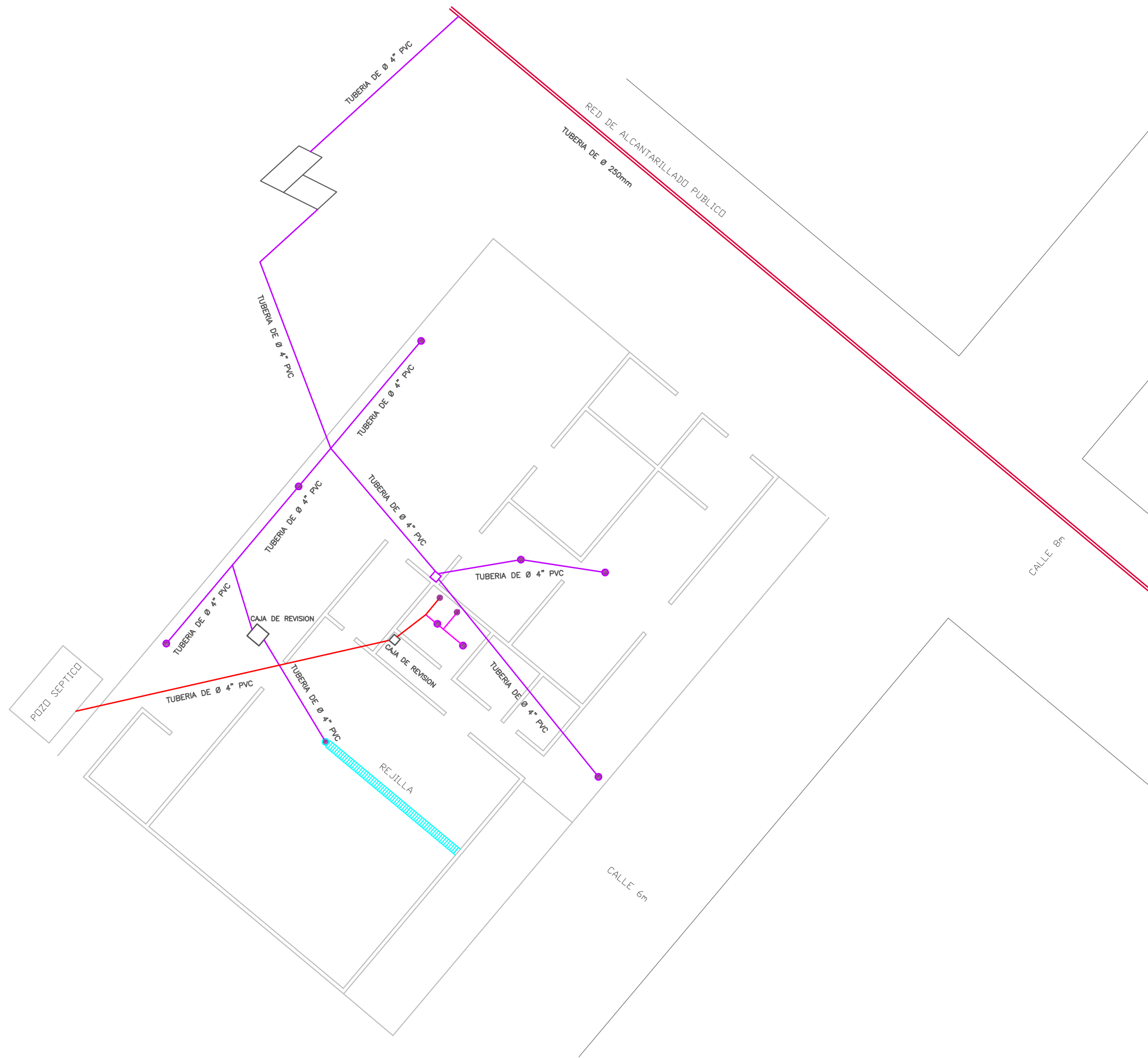
- MEDIDOR**
- TUBERIA DE AGUA FRIA**
- TUBERIA DE AGUA CALIENTE**
- RED DE AGUA POTABLE**

**REFERENCIAS:**

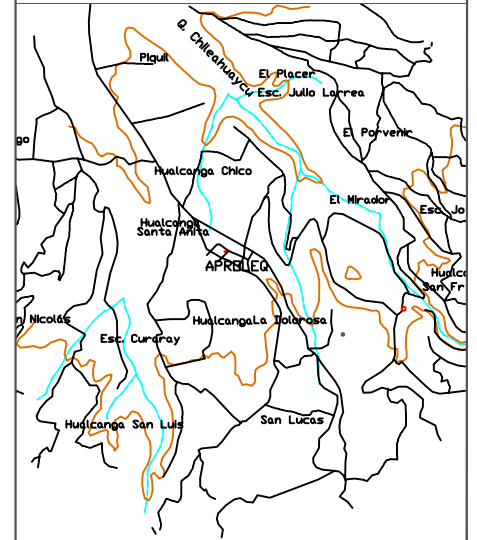
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>REFERENCIA:</b> Zona: 17 Sur Muro: 994051 m Eje: 76793 m	<b>CONTIENE:</b> INSTALACIONES DE AGUA FRIA Y CALIENTE	<b>ESCALA:</b> 1:100
<b>DIBUJO:</b> Cevalista Guachambos Edison Javier	<b>FECHA:</b> 10/08/2017	<b>HOJA No:</b> 23
<b>REVISADO:</b> Ing. Mp. Lenin Maldonado	<b>APROBADO:</b> Ing. Mp. Lenin Maldonado	<b>JEFATURA:</b>

## 2.7 PLANO DE LAS TUBERÍAS DE DESAGÜE





**UBICACIÓN:**



**SIMBOLOGIA Y DATOS**

- TUBERIA 4" AGUA RESIDUAL
- TUBERIA 4" AGUA SSHH
- TUBERIA 2" AGUA SSHH
- RED DE ALCANTARILLADO
- CAJA DE REVISIÓN

**REFERENCIAS:**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>REFERENCIA:</b> Zona: 17 Sur Norte: 9840581 m Este: 787763 m	<b>CONTIENE:</b> INSTALACIONES DE DESAGUE DEL AGUA RESIDUAL Y SERVICIOS HIGIENICOS	<b>ESCALA:</b> 1:100
<b>DIBUJO:</b> Constanza Guachumbaza Edison Javier	<b>FECHA:</b> 10/08/2017	<b>HOJA No:</b> 33
<b>REVISADO:</b> Ing. Mg. Lenin Maldonado	<b>APROBADO:</b> Ing. Mg. Lenin Maldonado	<b>JEFATURA:</b>

## 2.8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS



\*Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables  
www.lacquanalisis.com

### INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Edison Cunalata
DIRECCION:	Quero
TELEFONO:	
CELULAR:	099 262 8941
e - mail:	edisoncunalata@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-1855

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	53	TEM. AMBIENTE(°C):	19
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua residual Industria de Lacteos  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 24 de mayo al 05 de junio de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 05 de junio de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 24 de mayo de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5**	mg/l	1188,85	PRO TEC 030 / APHA 5220 B	—
DQO	mg/l	1730,5	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Aceites y Grasas	mg/l	370	PRO TEC 053 / EPA1664 A	± 18,02 %

Parámetro acreditado  
 \* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
 \*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A  
 \*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

#### PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. María José Tapia  
 ANALISTA



Dr. Harold Jiménez  
 DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono Móvil: 09-5363620 . info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 089-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 089-17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 089-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 - 06 -17  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE INFORME:** 03 - 07 -17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual industria láctea, Quero **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 222-17 Quero Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 222-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	626	N/A	26 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	3350	N/A	26 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1342	N/A	26 - 06 -17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 1

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 099-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 099- 17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 099-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 03 - 07 -17  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE INFORME:** 10 - 07 - 17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual industria láctea, Quero **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 239-17 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 239-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	6930	N/A	03 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3534	N/A	03 - 07 -17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara  
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 108-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 108-17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 108-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 10-07-17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual industria láctea, Quero **FECHA DE INFORME:** 17-07-17  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 250-17 **TIPO DE MUESTRA:** Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 250-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	9880	N/A	10-07-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	4547	N/A	10-07-17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara  
 TECNICO L.S.A.  


-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 120-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME Nº** 120- 17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 120-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 17 - 07 -17  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE INFORME:** 24 - 07 - 17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual industria láctea, Quero **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:**  
MA - 264-17 Agua  
MA - 265-17 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 264-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	20220	N/A	17 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	10706	N/A	17 - 07 -17

MA - 265-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	7260	N/A	17 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3702	N/A	17 - 07 -17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
**Dr. Juan Carlos Lara R.**  
**TECNICO L.S.A.**

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página I de I

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 136-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 136-17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 136-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 24 - 07 -17  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE INFORME:** 31 - 07 - 17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual industria láctea, Quero **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 281-17 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 281-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	5840	N/A	24 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3044	N/A	24 - 07 -17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara, R.  
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 149-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 149-17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 149-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 31-07-17  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE INFORME:** 07-08-17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual industria láctea, Quero **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 295-17 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 295-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	5855	N/A	31-07-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3172	N/A	31-07-17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 161-17

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME Nº** 161- 17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UTA **Nº SE:** 161-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 08 -17

**TELÉFONO:**

**FECHA DE INFORME:** 14 - 08 -17

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1

**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual industrial láctea Quero

**IDENTIFICACIÓN:**

MA - 296 -17

Muestra filtrada

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

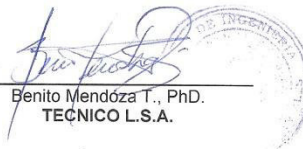
MA - 296 -17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	7600	N/A	07 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2660	N/A	07 - 08 -17

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Benito Mendoza T., Ph.D.  
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 101-17

### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Edison Cunalata **INFORME N°** 181- 17  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 181-17  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**TELÉFONO:** 0992628941 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 14 - 08 -17  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual industria láctea, Quero **FECHA DE INFORME:** 21 - 08- 17  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 376-17 **TIPO DE MUESTRA:** Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 376-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	8721	N/A	14 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	5324	N/A	14 - 08-17


**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
	<b>LABORATORIO DE QUÍMICA</b>				
	<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS</b>				
<b>ENSAYADO:</b>	Cunalata Edison	<b>TIPO DE MUESTRA</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	Huachi chico UTA	Agua residual industria Láctea			
<b>ANÁLISIS PARA DETERMINAR ACEITES Y GRASAS</b>					
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>TIPO DE AGUA</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	799,92	Filtrada	03/07/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	599,94	Filtrada	10/07/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	533,28	Filtrada	17/07/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	666,6	Filtrada	24/07/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	533,28	Filtrada	31/07/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	733,26	Filtrada	07/08/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	866,58	Filtrada	14/08/2017
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	2999,7	Efluente	17/07/2017



Ayudante de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Unidad de Proyectos de Investigación carrera de Ingeniería Civil

Laboratorio de Química