



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

**TEMA:**

---

---

**ANÁLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA COMO FILTRO EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CAMAL  
MUNICIPAL DE LA CIUDAD DEL PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA.**

---

---

**AUTORA:**

**MARÍA BELÉN CURIPALLO QUISPE**

**TUTOR:**

**Ing. Mg. JORGE GUEVARA**

**AMBATO – ECUADOR**

**2017**

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Jorge Guevara certifico que el presente trabajo experimental bajo el tema **“ANÁLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DEL PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA”** realizado por la señorita María Belén Curipallo Quispe egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

---

Ing. Mg. Jorge Guevara

**TUTOR**

## **AUTORÍA**

Yo, María Belén Curipallo Quispe, con CI. 160057059-0 egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que el contenido del presente trabajo experimental bajo el tema **“ANÁLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DEL PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA”** es de mi completa autoría a excepción de las citas bibliográficas.

---

María Belén Curipallo Quispe

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este 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 patrimonial de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

---

María Belén Curipallo Quispe

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DEL PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA”** realizado por María Belén Curipallo Quispe, egresada 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. Geovanny Paredes  
PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Mg. Fabián Morales  
PROFESOR CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo experimental a Dios por haberme guiado durante mi carrera universitaria, por las fuerzas suficientes para afrontar todos los obstáculos, y por la perseverancia para lograr la culminación del presente trabajo y cumplir con una de mis metas propuestas.*

*A mis padres Carlos e Inés, por haberme brindado su apoyo en todo momento. Quienes con su amor y esfuerzo permitieron que pueda cumplir con mi meta.*

*A mi hermana Stephanie, por su amor, paciencia y palabras de aliento que son mi motivación para cumplir con mis objetivos. Espero ser su ejemplo.*

*A mi novio Gabriel, por su paciencia y apoyo incondicional a lo largo de esta trayectoria estudiantil.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a la culminación de mi carrera universitaria.*

*A mis padres Carlos e Inés, por el gran esfuerzo que realizaron por mí, permitiéndome llegar a culminación de mi meta.*

*A mi hermana Stephanie, por siempre apoyarme y ser quien me motiva a alcanzar cada una de mis metas.*

*A mi novio Gabriel, por siempre estar conmigo y apoyarme en todo momento, motivándome a la culminación de este proyecto.*

*A mi familia, gracias por sus palabras de aliento brindadas durante mi trayectoria estudiantil.*

*A Lissette, por su amistad y apoyo durante la realización de este trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1    TEMA .....	1
1.2    ANTECEDENTES .....	1
1.3    JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4    OBJETIVOS.....	3
1.4.1    Objetivo general .....	3
1.4.2    Objetivos específicos .....	4
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTACIÓN .....	5
2.1    FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
2.1.1    Aguas residuales .....	5
2.1.1.1    Clasificación de las aguas residuales .....	5
2.1.1.2    Tratamiento de las aguas residuales .....	6
2.1.2    Parámetros a evaluar en las aguas residuales .....	6
2.1.3    Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	9
2.1.4    Biofiltración .....	9
2.1.5    Aguas residuales provenientes de un camal.....	10
2.1.6    Bagazo de caña.....	10
2.2    HIPÓTESIS.....	12

2.2.1	Hipótesis nula.....	12
2.2.2	Hipótesis alternativa.....	12
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	12
2.3.1	Variable independiente .....	12
2.3.2	Variable dependiente .....	12
CAPÍTULO III .....		13
METODOLOGÍA.....		13
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	13
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	13
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	15
3.3.1.	Variable independiente .....	15
3.3.2.	Variable dependiente .....	16
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	17
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	18
3.5.1.	Lugar de estudio .....	18
3.5.1.1.	Ubicación .....	18
3.5.1.2.	Proceso del faenamiento .....	19
3.5.1.3.	Abastecimiento del agua potable y descarga de aguas servidas....	20
3.5.2.	Diseño del filtro .....	20
3.5.2.1.	Elementos que conforman el filtro .....	21
3.5.2.2.	Material filtrante a usar.....	22
3.5.3.	Funcionamiento del filtro .....	23
3.5.4.	Recolección de muestras.....	23
CAPÍTULO IV .....		24
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		24
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS .....	24
4.1.1.	Determinación del consumo de agua .....	24
4.1.1.1.	Cálculo del caudal medio.....	24
4.1.1.2.	Cálculo del caudal máximo .....	25
4.1.2.	Resultados de los parámetros de cada muestra .....	26
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
4.2.1.	Análisis de cada parámetro evaluado .....	27
4.2.2.1.	Demanda bioquímica de oxígeno .....	27
4.2.2.2.	Demanda química de oxígeno .....	28

4.2.2.3.	Sólidos suspendidos totales.....	29
4.2.2.	Análisis de la eficiencia .....	30
4.2.2.1.	Demanda bioquímica de oxígeno .....	31
4.2.2.2.	Demanda química de oxígeno .....	32
4.2.2.3.	Sólidos suspendidos totales.....	33
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	34
CAPÍTULO V .....		35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		35
5.1	CONCLUSIONES.....	35
5.2	RECOMENDACIONES .....	36
MATERIALES DE REFERENCIA .....		37
1.	BIBLIOGRAFÍA .....	37
2.	ANEXOS .....	41
	Anexo N° 1: Memoria fotográfica.....	42
	Anexo N° 2: Planimetría del lugar de estudio .....	44
	Anexo N° 3: Red de distribución de agua potable.....	46
	Anexo N° 4: Red de distribución de aguas servidas.....	48
	Anexo N° 5: Diseño del filtro.....	50
	Anexo N° 6: Informe de los análisis físico – químicos de las muestra de agua residual .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Parámetros de monitoreo de las descargas industriales .....	7
Tabla N° 2.- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	9
Tabla N° 3.- Propiedades físicas del bagazo de caña .....	10
Tabla N° 4.- Propiedades químicas del bagazo de caña .....	11
Tabla N° 5.- Operacionalización de la variable independiente .....	15
Tabla N° 6.- Operacionalización de la variable dependiente .....	16
Tabla N° 7.- Plan de recolección de información.....	17
Tabla N° 8.- Recolección de muestras .....	23
Tabla N° 9.- Determinación del caudal medio diario .....	24
Tabla N° 10.- Determinación del caudal máximo .....	25
Tabla N° 11.- Resultados de Análisis Físico - Químicos.....	27
Tabla N° 12.- Eficiencia del filtro .....	31

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.- Concentración del DBO <sub>5</sub> durante el periodo de funcionamiento .....	27
Gráfico N° 2.- Concentración del DQO durante el periodo de funcionamiento .....	28
Gráfico N° 3.- Concentración de SST durante el periodo de funcionamiento .....	29
Gráfico N° 4.- Eficiencia del filtro para la DBO <sub>5</sub> .....	31
Gráfico N° 5.- Eficiencia filtro para el DQO .....	32
Gráfico N° 6.- Eficiencia filtro para la SST .....	33

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1.- Microscopía electrónica de barrido del bagazo .....	11
Ilustración N° 2.- Ubicación del Camal Municipal .....	18
Ilustración N° 3.- Camal Municipal.....	18
Ilustración N° 4.- Proceso del faenamiento.....	19
Ilustración N° 5.- Esquema gráfico del filtro .....	20
Ilustración N° 6.- Bagazo de caña .....	22
Ilustración N° 7.- Bagazo de caña lavado y secado .....	22

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** ANÁLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DEL PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA.

**AUTOR:** María Belén Curipallo Quispe

**FECHA:** Octubre, 2017

El presente trabajo experimental, tiene por objetivo verificar la eficiencia del bagazo de caña en el tratamiento de aguas residuales.

Para el desarrollo del proyecto, como lugar de estudio se escogió un camal, de donde se obtuvo el agua residual necesaria para la verificación de la eficiencia del filtro durante su funcionamiento. En cuanto al diseño experimental, se realizó una estructura de madera de 2m de altura, que servía como soporte para un tanque de 208.20 lt en donde se colocaba el efluente recolectado, el cual a través de una tubería de 1 m llegaba al filtro, cuyo material filtrante era bagazo de caña previamente lavado y secado al sol. Para garantizar el funcionamiento constante del filtro el caudal usado era de 0.105 lt/min.

Durante los 91 días del proceso de filtración, se obtuvieron 9 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua sin filtrar. Para posteriormente analizar parámetros de gran importancia como son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), a cada una de las muestras. Con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados, dichos análisis fueron realizados en un laboratorio acreditado.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, se procedió a compararlos con los valores de límites permisibles especificados en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA). De acuerdo a los límites permisibles únicamente la concentración de SST logró una disminución por debajo del límite de 130 mg/lt que especifica la norma, mientras que los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO a pesar de no obtener concentraciones inferiores a las especificadas, 100 mg/lt

y 200 mg/l respectivamente, obtuvieron disminuciones considerables en comparación con la muestra de agua residual sin filtrar.

En base a los resultados, el filtro registró una eficiencia mayor al 95% para DBO<sub>5</sub> y DQO, y mayor al 65% para SST. Permitiendo así verificar la efectividad del material para disminuir los niveles de contaminación presentes en el agua residual proveniente de un camal.

## ABSTRACT

**Topic:** ANALYSIS OF THE SUGAR CANE BAGASSE AS FILTER IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM MUNICIPAL SLAUGHTERHOUSE OF THE CITY OF PUYO, PASTAZA PROVINCE.

**Author:** María Belén Curipallo Quispe

**Date:** October, 2017

The present experimental work, aims to verify the efficiency of the sugar cane bagasse in the treatment of wastewater.

For the development of the project, as a place of study was chosen a slaughterhouse, where was obtained the wastewater necessary for the verification of the efficiency of the filter during operation. With regard to the experimental design, it has been made a wooden structure of 2m of height, which served as a support for a tank of 208.20 lt where was placed the effluent collected, which through a line of 1 m came to the filter, the filter material was sugar cane bagasse previously washed and dried in the sun. To ensure the continuing operation of the filter flow rate used was of 0,105 lt/min.

During the 91 days of the filtration process, were obtained 9 samples of filtered water and 1 sample of unfiltered water. For later analyze parameters of great importance such as: Biochemical Oxygen Demand (DBO<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (DQO) and total suspended solids (SST), to each of the samples. In order to guarantee the reliability of the results, the analyzes were carried out in an accredited laboratory.

Once they are obtained and analyzed the results, proceeded to compare them with the values of permissible limits specified in the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA). According to the permissible limits only the concentration of SST achieved a decrease below the limit of 130 mg/lt that specified by the standard, while the parameters of DBO<sub>5</sub> and DQO in spite of not getting concentrations lower than those specified, 100 mg/l and 200 mg/lt respectively, obtained significant decreases in comparison with the wastewater sample without filter.

Based on the results, of the filter recorded greater efficiency to 95% for DBO<sub>5</sub> and DQO, and more than 65% for SST. So check the effectiveness of the material to decrease the levels of contamination present in the waste water from a slaughterhouse.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA**

Análisis del bagazo de caña como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal de la Ciudad del Puyo, Provincia de Pastaza.

### **1.2 ANTECEDENTES**

Debido al constante crecimiento poblacional e industrial la cantidad de aguas residuales generadas ha aumentado considerablemente, las cuales son descargas en afluentes como ríos y mares, provocando así su contaminación. Para que estas aguas puedan ser descargadas, deben cumplir con normativas en cuando a los niveles de contaminación que estas deben contener.

Con la gran demanda poblacional los centros de faenamiento se ven obligados a incrementar su actividad, hecho que implica una mayor cantidad de aguas residuales las cuales presentan altos niveles de contaminación debido a las heces, orina, sangre, pelusas y restos de carnes que estas contiene. [1]

Los sistemas convencionales usados para el tratamiento de las aguas residuales al ser altamente costosos han limitado su uso, por lo tanto con el fin de dar una solución a esta problemática se ha optado por el uso de nuevas técnicas para el tratamiento de las aguas residuales. [2]

Como base para el desarrollo del presente proyecto experimental se ha tomado como referencias las siguientes investigaciones:

La nota técnica [2] manifiesta la gran eficacia que demostraron modelos de biofiltros a escala de laboratorio, por lo que fueron implantados a escala real en países como México y Canadá. Usando como medio filtrante, materiales orgánicos debido a que presentan una gran capacidad de absorción de agentes contaminantes. Los resultados de estos biofiltros demostraron eficiencias del 99.5% para el DBO<sub>5</sub>, 90% para el DQO y 95% para SST, demostrando así que la técnica del biofiltro es segura, simple y eficaz.

El artículo [3] y [4] indica que las aguas residuales de un matadero de ganado contienen altos niveles de contaminación, debido a la presencia de cantidades significativas de sangre, pelos, grasas, proteínas y restos de carne, lo que provoca un alto nivel del DBO, siendo necesario que estos efluentes sean tratados antes de ser descargados a los ríos. Como parte de una recomendación se considera que la sangre no debe ser mezclada con el resto del efluente, con el fin de evitar que la carga orgánica del agua se eleve.

En el artículo [5] el bagazo de caña fue usado para la remoción de contaminantes en derrames de petróleo, estudio donde se demostró que el material es capaz de absorber los hidrocarburos en un 94,8% y aceites y grasas en un 98.5 %.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Según [6] en América Latina, únicamente el 13.7% de las aguas residuales son tratadas antes de ser descargadas, perjudicando a la salud de la población, e impidiendo reutilizar el recurso hídrico. En poblaciones donde su principal actividad es la agricultura, este problema es crítico debido a que las aguas residuales sin tratamiento son usadas para fines de riego.

Por lo que a más de la promoción de prácticas de higiene para el correcto uso de las aguas residuales, se han implementado tecnologías alternativas de bajo costo como es el caso del biofiltro, el cual ha sido adoptado y manejado por pequeños municipios u organizaciones para el tratamiento de dichas aguas.

Debido a la gran capacidad de remoción de contaminantes que se demuestra en [7], los sistemas de biofiltros han sido adoptados a nivel mundial. En base a su eficiencia, países como Nicaragua, El Salvador y Honduras los han usado en el tratamiento de aguas residuales de pequeñas poblaciones.

La técnica de los biofiltros es muy antigua y empleada, pero en la actualidad según [8] el uso de nuevos materiales filtrantes es lo que hace que esta técnica presente un estudio novedoso.

En Ecuador según [9], la Secretaria del Agua (SENAGUA) indica que solo el 12% de las aguas usadas para el consumo humano reciben un tratamiento, previo a su descarga en ríos y quebradas. Además según estudios las cuencas hidrográficas de Manabí y

Guayas son las más contaminadas debido al alto índice poblacional y las industrias, en El Oro las camaroneras y plantaciones de banano son los principales causantes de la contaminación del agua, mientras que la Región Amazónica debido a la baja densidad poblacional sus ríos presentan menos contaminación

Todas las aguas residuales deberían ser tratadas tengan o no un alto grado de contaminación, debido a que estas al ser descargadas en los ríos podrían conllevar a problemas de salud o en algunos casos sus ríos pierden su fauna.

En [10] se menciona que en la ciudad del Puyo las aguas residuales provocadas por el camal municipal generan una grave contaminación al Río Pindo Grande. Este camal cuenta con una planta de tratamiento, la cual tiene una capacidad para tratar 5 m<sup>3</sup> de agua residual, sin embargo en los días de menor faenamiento se producen 11 m<sup>3</sup> de aguas residuales, provocando así la saturación de dicha planta de tratamiento.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará como material filtrante el bagazo de caña , el cual según las investigación realizadas en [11] presenta una gran capacidad de absorción y ha sido usado para fines de purificación del agua, en donde se ha demostrado su capacidad de absorción de agentes contaminantes.

En base a estas investigaciones y considerando que en la ciudad del Puyo existen fábricas que producen grandes cantidades de este material, se ha considerado que este material puede ser usado para el desarrollo del presente proyecto.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar el uso del bagazo de caña como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal de la Ciudad del Puyo, Provincia de Pastaza.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico del camal municipal.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en el camal municipal.
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO5, DQO) y sólidos suspendidos totales de las aguas residuales provenientes del camal municipal en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si el bagazo de caña puede utilizarse para el tratamiento de aguas residuales del camal municipal.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

##### 2.1.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas que han sido utilizadas para distintos fines, provocando que su calidad se vea modificada debido a la inserción de materias contaminantes. [12]

Dentro de la composición de estas aguas se puede encontrar sólidos, materia orgánica e inorgánica, metales pesados y nutrientes, por lo que de acuerdo a su procedencia las aguas residuales pueden presentar diferentes características físicas, químicas y biológicas. [13]

##### 2.1.1.1 Clasificación de las aguas residuales

Según su procedencia las aguas residuales se clasifican en:

##### **Aguas residuales domesticas:**

Son originarias de las actividades domésticas, donde el 99% de su composición es agua y el 1% son sólidos resultados de fines higiénicos procedentes de los baños, lavanderías y cocinas. [12]

También son conocidas como aguas negras y suelen contener grandes cantidades de materia orgánica, detergentes y grasas. [14]

##### **Aguas residuales industriales:**

Se originan de los diversos procesos industriales, por lo que estas aguas presentan características distintas dependiendo de la industria de la que proceden, materia prima e insumos utilizados. [15]

Las variaciones cualitativas y/o cuantitativas que se dan en la composición de este tipo de aguas residuales dependen de los horarios de funcionamiento de las industrias y de la demanda del mercado. [14]

### **2.1.1.2 Tratamiento de las aguas residuales**

Con el tratamiento de las aguas residuales se intenta reducir el nivel de contaminación de los efluentes mediante procesos físicos, químicos y biológicos, hasta alcanzar los valores máximos permisibles dados en normas. [16]

Los contaminantes de mayor importancia que se pretende remover son: los sólidos debido a su influencia sobre la apariencia del efluente, materia orgánica debido al consumo de oxígeno y microorganismos mediante los cuales se propagan las enfermedades.[17]

El tratamiento de las aguas residuales se puede realizar en 3 etapas: primaria, secundaria y terciaria. Un correcto tratamiento a efluentes contaminados nos permite mejorar las características físicas del agua con el uso de los tratamientos primarios e incluso se puede llegar al reúso del agua con ayuda de los tratamientos terciarios. [18]

#### **Tratamiento primario:**

En esta fase se eliminan los sólidos suspendidos y sedimentables mediante el uso de cribas, desarenadores, sedimentadores y trampas de grasas y aceites.

#### **Tratamiento secundario:**

Se usan procesos biológicos donde la materia orgánica existente es eliminada debido a que esta sirve de alimentación para los microorganismos.

#### **Tratamiento terciario:**

Se emplean procesos físicos, químicos, biológicos y electroquímicos con el fin de remover los contaminantes que no se pudieron eliminar en el tratamiento secundario.[19]

### **2.1.2 Parámetros a evaluar en las aguas residuales**

En el anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), se encuentra los parámetros a evaluar dependiendo de la industria de la que proceden las aguas residuales.

Para el caso de un camal, se considera esta industria bajo la clasificación de: industria manufacturera dedicada a la producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos. [20]

Los parámetros a monitorear para este tipo de industria se encuentran en la tabla N° 1:

**Tabla N° 1.- Parámetros de monitoreo de las descargas industriales**

<b>Código CIU</b>	<b>Actividad Industrial</b>	<b>Parámetros de monitoreo</b>
<b>D. Industria manufactureras</b>		
1511	Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	Caudal
		DBO
		DQO
		SST
		SAAM
		Grasas y Aceites
		Cloruros
		Sulfatos

Fuente: [20]

A continuación se describe cada uno de los parámetros mencionados.

**Caudal:**

Es el volumen de agua que pasa a través de una sección por unidad de tiempo.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

La demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para la degradación de la materia orgánica existente en una muestra de agua, la cual es incubada en la oscuridad durante un periodo de 5 días. [21]

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):**

La demanda química de oxígeno nos permite conocer el nivel de contaminación del agua. Con este parámetro se determina la cantidad de oxígeno necesario para la

oxidación química de la materia orgánica existente en el agua mediante medios químicos.

El DQO es mayor al DBO<sub>5</sub> debido a que gran parte de la materia orgánica existente es oxidada mediante medios químicos y no solo por medios biológicos. [21] [22]

### **Sólidos Suspendidos Totales (SST):**

Los sólidos suspendidos totales son pequeñas partículas que se encuentran flotando en el agua, provocando la interferencia del paso de luz. [23]

### **Tensoactivos:**

Los Tensoactivos o detergentes se originan de las operaciones de limpieza y al ser descargados en el agua provocan la disminución de la solubilidad del oxígeno. [21]

### **Grasas y aceites:**

Son compuestos orgánicos constituidos por grasas de origen animal y vegetal, e hidrocarburos de petróleo, su baja densidad y solubilidad en el agua dan origen a la formación de natas en la superficie del agua. Poseen baja o nula biodegradabilidad. [23]

### **Cloruros:**

La presencia de cloruros en el agua puede llegar a ser nocivo para la salud, por lo tanto la presencia de niveles altos de cloruros modifica el sabor del agua e incluso puede llegar a matar a la vegetación y corroer las conducciones. [21]

### **Sulfatos:**

La presencia de grandes cantidades de sulfatos puede producir un sabor amargo en el agua, no obstante los sulfatos no son muy nocivos para la salud.

Además su presencia puede alterar los procesos de tratamientos biológicos. [21]

### 2.1.3 Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

Según donde se realice la descarga de las aguas residuales el TULSMA da valores máximos permisibles, los cuales deben ser respetados con el fin de mantener un equilibrio ambiental.[20]

En la tabla N° 2 se muestra los límites máximos para descargas a cuerpos de agua dulce, debido a que el canal objeto de estudio realiza la descarga de sus aguas residuales al río Pindo Grande.

**Tabla N° 2.- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
DQO	mg/l	200
SST	mg/l	130
SAAM	mg/l	0.5
Grasas y Aceites	mg/l	30
Cloruros	mg/l	1000
Sulfatos	mg/l	1000

**Fuente:** [20]

### 2.1.4 Biofiltración

Se refiere al proceso de filtración biológica, donde los líquidos pasan a través de un medio orgánico, el cual por adsorción retiene los contaminantes. El material orgánico sirve como fuente de nutrientes para el crecimiento de microorganismos, los cuales se alojan en la biopelícula que se forma alrededor de material permitiendo así la degradación de los contaminantes. [24] [25].

El tratamiento de biofiltración al tener un proceso biológico presenta costos mínimos en cuanto a su operación y mantenimiento. [26] Y dependiendo de las características del efluente y la carga hidráulica, los filtros biológicos presentan una eficiencia entre el 60 y 85%. [27]

### 2.1.5 Aguas residuales provenientes de un camal

Estas aguas residuales varían su nivel de contaminación de acuerdo al número de animales faenados diariamente, los efluentes que se originan en estas industrias presentan grandes caudales, cantidades de materia orgánica, coliformes, sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fosforo. [15]

Estas aguas residuales se ven contaminadas debido a la presencia de heces, sangre, pelusas, y residuos de carne provenientes del proceso de matanza de los animales. [28]

### 2.1.6 Bagazo de caña

El bagazo de caña es obtenido mediante la molienda de la caña de azúcar, el cual es un material fibroso que presenta un alto contenido de humedad.

Al poseer un alto contenido de humedad se favorece al crecimiento de microorganismos que degradan los contaminantes, lo cual determina la eficiencia del filtro. [29]

Dentro de las propiedades físicas y químicas que posee el bagazo de caña se pueden observar las detalladas en la tabla N° 3 y N° 4 respectivamente.

**Tabla N° 3.- Propiedades físicas del bagazo de caña**

<b>Propiedades Físicas</b>	
C (%)	43.22
H (%)	6.097
N (%)	0.006
S (%)	0.81
O (%)	43.95

**Fuente:** [30]

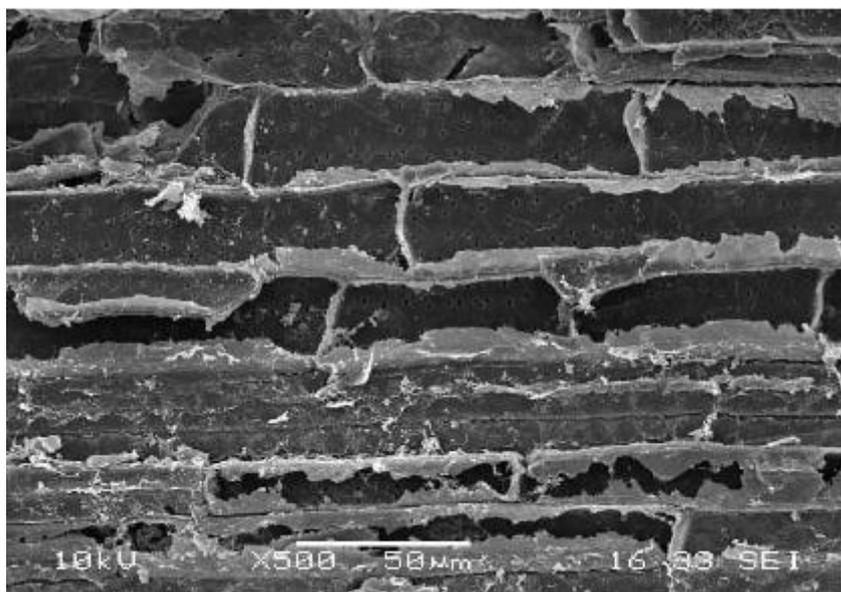
**Tabla N° 4.- Propiedades químicas del bagazo de caña**

<b>Propiedades Químicas</b>	
Diámetro de la partícula (cm)	1 - 2
Ph	6.24
Contenido de humedad (%)	48.3
Peso húmedo (gr)	180
Peso seco (gr)	121.3
Área superficial (m <sup>2</sup> /gr)	4.146
Volumen total de poros (cm <sup>3</sup> /gr)	0.0041
Diámetro promedio de poros (A)	39.429

**Fuente:** [30]

En la ilustración N° 1 se observa una microscopía electrónica de barrido del bagazo de caña, en donde se puede observar la superficie irregular y los poros presentes en el material.

**Ilustración N° 1.- Microscopía electrónica de barrido del bagazo**



**Fuente:** [31]

## **2.2 HIPÓTESIS**

### **2.2.1 Hipótesis nula**

El bagazo de caña como un material filtrante permite disminuir la contaminación del agua residual procedente de un camal.

### **2.2.2 Hipótesis alternativa**

El bagazo de caña como un material filtrante no permite disminuir la contaminación del agua residual procedente de un camal.

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Variable independiente**

Efluente procedente de un camal.

### **2.3.2 Variable dependiente**

El bagazo de caña como material filtrante disminuye la contaminación del agua residual.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### **Investigación exploratoria**

El presente trabajo experimental propone el uso de un biofiltro que tiene como propósito mejorar las características del agua residual proveniente de un camal, con un material filtrante no convencional como es el bagazo de caña.

##### **Investigación descriptiva**

Debido a que mediante la interpretación de los resultados obtenidos, se determinará si el material es factible o no para el tratamiento de las aguas residuales.

##### **Investigación de laboratorio**

Para el desarrollo de este estudio se realizará análisis físicos químicos al agua filtrada cada determinado lapso de tiempo, con el fin de obtener resultados para cada parámetro del agua residual. Estos análisis deben ser realizados en laboratorios especializados.

#### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En base a [32] donde manifiesta que población son todos aquellos objetos de interés sobre los cuales se va a realizar un estudio. De igual manera nos manifiesta que la muestra es considerada como una parte de la población que mantiene aspectos representativos de la población.

##### **Población.-**

Para este trabajo experimental el objeto de estudio será el efluente producido en el camal el cual debe ser expresado en función del periodo de funcionamiento del filtro.

$$VAR = x * t$$

Donde:

VAR = Volumen del efluente

x = Cantidad de agua residual usada en el proceso de faenamamiento

t = Tiempo de funcionamiento del filtro

$$VAR = 34.99 \text{ m}^3/\text{día} * 91 \text{ días}$$

$$VAR = 3184.09 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la población será 3184.09 m<sup>3</sup> de efluente usados en el proceso de faenamamiento durante los 91 días de funcionamiento del filtro.

### **Muestra.-**

Se considera como muestra al efluente necesario diariamente para el funcionamiento del filtro, que de igual manera debe estar representada en función del periodo de funcionamiento del filtro.

$$VAR = x * t$$

Donde:

VAR = Volumen del efluente

x = Cantidad de agua residual destinada para el funcionamiento del filtro

t = Tiempo de funcionamiento del filtro

$$VAR = 55 \text{ galones}/\text{día} * 91 \text{ días}$$

$$VAR = 5005 \text{ galones}$$

$$VAR = 18.95 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la muestra serán los 18.95 m<sup>3</sup> de efluente necesarios para el proceso de filtración durante los 91 días de funcionamiento del filtro.

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1. Variable independiente

Efluente procedente de un camal.

**Tabla N° 5.- Operacionalización de la variable independiente**

Concepto	Categorías	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Son aquellas aguas servidas que han surgido de un proceso doméstico o industrial. Estos efluentes deben pasar por un tratamiento físico, químico o biológico con el fin de mejorar la calidad del agua.	Camal	Proceso del faenamiento	¿Cómo se realiza el faenamiento?	Diagrama de procedimiento
	Calidad del agua	Descarga hacia un cuerpo de agua dulce	¿El nivel de contaminación del DBO <sub>5</sub> , DQO y SST se encuentra dentro de los límites permisibles?	TULSMA

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

### 3.3.2. Variable dependiente

El bagazo de caña como material filtrante disminuye la contaminación del agua residual.

**Tabla N° 6.- Operacionalización de la variable dependiente**

<b>Concepto</b>	<b>Categorías</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Items</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
El material filtrante debe tener una buena porosidad que permita la retención de las partículas contaminantes presentes en el efluente, mejorando así la calidad del agua residual	Material poroso	Microscopía electrónica	¿Cuáles son las características morfológicas del material?	Imágenes SEM.

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

### 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**Tabla N° 7.- Plan de recolección de información**

<b>Preguntas básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Para qué?	Para analizar la influencia del bagazo de caña en el mejoramiento de la calidad del agua
¿De qué personas u objetos?	De muestras de agua residual filtrada
¿Sobre qué aspectos?	Parámetros de calidad especificados en el TULSMA para una descarga a ríos. Los cuales deben encontrarse dentro de los valores máximos permitidos.
¿Quién?	María Belén Curipallo Quispe
¿A quiénes evalúan?	Agua residual proveniente de un camal
¿Dónde?	Laboratorio especializado en el análisis de aguas residuales
¿Cómo?	A través de análisis físico-químicos realizados al agua filtrada

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

### 3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

#### 3.5.1. Lugar de estudio

Como lugar de estudio se escogió el Camal Municipal de la Ciudad de Puyo, del cual se recolectará su efluente para el proceso de filtración.

##### 3.5.1.1. Ubicación

Como se muestra en la ilustración N° 2, el Camal Municipal se encuentra ubicado en la Vía Tarqui, del barrio El Recreo, perteneciente al cantón y Provincia de Pastaza.

**Ilustración N° 2.- Ubicación del Camal Municipal**



**Fuente:** Google Maps

En la ilustración N° 3 se puede observar la imagen frontal del camal municipal.

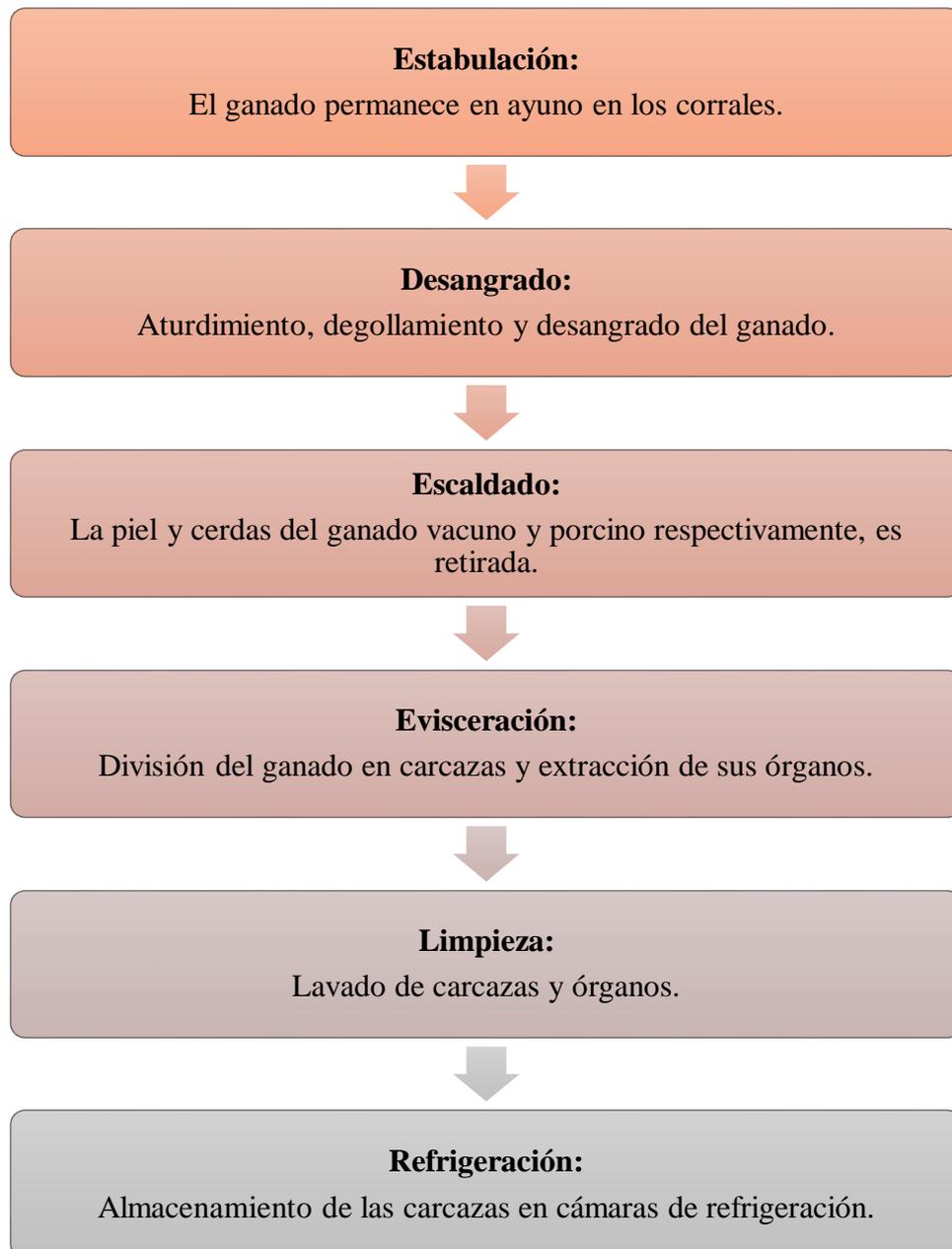
**Ilustración N° 3.- Camal Municipal**



### 3.5.1.2. Proceso del faenamiento

Mediante una entrevista al administrador del camal, el Ing. Bolívar Freire, en la ilustración N° 4 se muestra las etapas del proceso del faenamiento, y en qué consisten cada una de estas.

#### Ilustración N° 4.- Proceso del faenamiento



**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

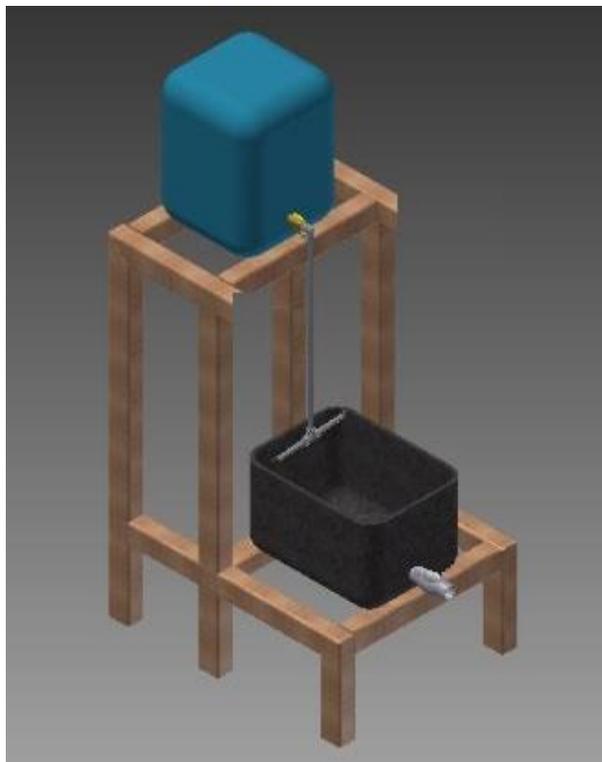
### 3.5.1.3. Abastecimiento del agua potable y descarga de aguas servidas

Para el abastecimiento del agua potable el camal cuenta con un medidor, del cual se distribuye el agua a través de tuberías hacia todas sus instalaciones. En cuanto a la descarga de aguas servidas, las originadas en el proceso de faenamiento son recolectadas mediante canales de recolección hacia la tubería de conducción principal, para posteriormente pasar por el sedimentador donde se separa los residuos que se generaron durante el proceso industrial, una vez separados estos residuos ,el agua pasa a través de un tanque de almacenamiento para finalmente ser vertidas hacia el río Pindo Grande; mientras que las aguas servidas procedentes de los servicios higiénicos son evacuadas hacia el alcantarillado público. El esquema de las tuberías de agua potable y aguas servidas se observa en el Anexo N° 3 y 4 respectivamente.

### 3.5.2. Diseño del filtro

En la ilustración N° 5 se muestra el esquema gráfico de los elementos que conforman el filtro, las cuales se detallan más adelante en el numeral 3.5.2.1.

**Ilustración N° 5.- Esquema gráfico del filtro**



**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

El diseño del filtro es detallado en el Anexo N° 5, donde se explica la manera en que se determinó el caudal con el que funciona el filtro, el volumen del material filtrante necesario, las dimensiones de cada componente de filtro, es decir, el tanque que contiene el agua residual y recipiente contenedor del material filtrante. Además de las medidas de cada una de las vistas del recipiente contenedor del material filtrante, las cuales son necesarias al momento de la elaboración de filtro.

#### **3.5.2.1. Elementos que conforman el filtro**

El filtro se compone de: una estructura de madera, tanque contenedor del agua residual y recipiente contenedor del material filtrante.

##### **Estructura de madera:**

La estructura se la realizó en madera con una altura total de 2 m, donde se asienta el tanque que contendrá el agua residual, y a una altura de 0.50 m se encuentra el recipiente plástico con el bagazo de caña.

##### **Tanque contenedor del agua residual:**

El tanque tiene una capacidad de 55 galones, a una altura de 0,15 m medidos desde el borde inferior del tanque se encuentra un acople hermético y una llave de paso que servirá para la regulación de caudal, estos accesorios se unen a través de un neplo de ½”, continuamente se colocó una tubería de PVC de ½” de 10 cm conectada con un codo de 90°, de donde baja 1 m de tubería donde se colocó una T con una tubería de 15 cm a cada lado y en sus extremos 2 tapones. Para garantizar una total distribución del agua residual la tubería colocada a partir de la T fue perforada.

##### **Recipiente contenedor del material filtrante:**

En la base del recipiente plástico se colocó una capa de arena donde se asienta una placa metálica con un canal de 3 cm x 3 cm en su parte central, esta placa deberá tener cierta inclinación con el fin de recolectar toda el agua que llega al recipiente, los 35 lt de material filtrante fueron colocados encima de la placa, y para la distribución del agua por toda el área de recipiente se colocó una placa con agujeros. En la parte inferior

del recipiente, conectada con el canal de la placa metálica inferior se colocó una llave plástica que permite la salida del agua filtrada.

### **3.5.2.2. Material filtrante a usar**

El material filtrante, como se observa en la ilustración N° 6 , es el bagazo de caña, el cual se obtuvo en la “Asociación de vendedores de caña de azúcar y sus derivados”, ubicado en la Avenida Alberto Zambrano entre las calles Los Pindos y Napo de la ciudad del Puyo.

Este material es de fácil obtención debido a que es un desperdicio obtenido del proceso de molienda de la caña de azúcar para la obtención de su jugo.

Con el fin de retirar restos del jugo de caña, el material fue lavado y posteriormente expuesto al sol para su secado. Una vez seco se lo fragmento para así obtener fibras de aproximadamente 0.5 cm, como se muestra en la ilustración N° 7.

**Ilustración N° 6.- Bagazo de caña**



**Ilustración N° 7.- Bagazo de caña lavado y secado**



### 3.5.3. Funcionamiento del filtro

El filtro estuvo en funcionamiento durante las 24 horas del día y debido a que se mantiene un flujo constante deberá ser llenado todos los días con el fin de garantizar el continuo funcionamiento del mismo.

El proceso de filtración inicia con el efluente recolectado el cual es colocado en el tanque, una vez abierta la llave el agua descende por gravedad a través de la tubería, para así ser distribuida en toda el área del filtro mediante una bandeja con orificios.

Una vez que el agua pasa por el material filtrante, esta es recogida para sus posteriores análisis de laboratorio.

### 3.5.4. Recolección de muestras

Para el desarrollo de trabajo se consideraron 3 parámetros importantes como son: DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, estos parámetros serán analizados en 9 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua sin filtrar, que serán recolectadas durante los 91 días de funcionamiento. La recolección de muestras se la realizó en base a la tabla N° 8.

**Tabla N° 8.- Recolección de muestras**

Parámetros	Muestra Cruda	Muestras Filtradas								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Mayo	Junio		Julio			Agosto		
		30	20	28	6	14	24	1	8	16
DBO <sub>5</sub>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DQO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SST	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

##### 4.1.1. Determinación del consumo de agua

##### 4.1.1.1. Cálculo del caudal medio

Para obtener el consumo de agua del camal se procedió a tomar las lecturas del medidor durante 8 días y de acuerdo a dichas lecturas se determinó un consumo promedio diario de 37.22 m<sup>3</sup>/día como se muestra en la tabla N° 9.

**Tabla N° 9.- Determinación del caudal medio diario**

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lectura (m3)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/d)</b>	<b>Observaciones</b>
1	05/07/2017	11268.66	41.60	
2	06/07/2017	11310.26	61.42	
3	07/07/2017	11371.68	35.90	
4	08/07/2017	11407.58	36.97	
5	09/07/2017	11444.55	34.97	
6	10/07/2017	11479.52	41.69	
7	11/07/2017	11521.21	8.01	Limpieza del lugar
8	12/07/2017	11529.22		
<b>CONSUMO MEDIO</b>			<b>37.22 m3/d</b>	

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

#### 4.1.1.2. Cálculo del caudal máximo

En la tabla N° 10 se detalla la cantidad de aparatos sanitarios existentes en cada bloque de la industria, con el fin de determinar el caudal máximo usado por dichos aparatos. Para la determinación del caudal máximo se usará los métodos: británico, alemán y racional.

**Tabla N° 10.- Determinación del caudal máximo**

NIVEL	USO	BLOQUE	TIPO APARATO SANITARIO	UNIDAD u	CAUDAL		
					METÓDO BRITANICO lt/sg	METÓDO ALEMAN lt/sg	METÓDO RACIONAL lt/sg
Nv. 0.00	Guardiana	Guardia	INODORO	1	0.315	1.00	0.2
			LAVAMANOS	1	0.126	1.00	0.1
			URINARIO				
			LAVAPLATOS				
			RIEGO				
			OTRO	1	0.126	1.00	0.25
			<b>PARCIAL POR PISO</b>		<b>0.567</b>	<b>0.436</b>	<b>0.39</b>
Nv. 0.00	Industria	Faenamiento	INODORO				
			LAVAMANOS	2	0.252	2.00	0.2
			URINARIO				
			LAVAPLATOS				
			RIEGO				
			OTRO	19	2.394	19.00	4.75
			<b>PARCIAL POR PISO</b>		<b>2.646</b>	<b>1.155</b>	<b>1.11</b>
Nv. 0.00	Administración	Administrativo	INODORO	3	0.945	3.00	0.6
			LAVAMANOS	3	0.378	3.00	0.3
			URINARIO	2	0.252	2.00	0.2
			LAVAPLATOS				
			RIEGO				
			OTRO	2	0.252	2.00	0.5
			<b>PARCIAL POR PISO</b>		<b>1.827</b>	<b>0.797</b>	<b>0.53</b>
<b>TOTAL=</b>				34	<b>5.04</b>	<b>2.39</b>	<b>2.03</b>
<b>CAUDAL CORREGIDO=</b>					<b>1.01</b>	<b>2.39</b>	<b>2.03</b>

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

Se toma como valor del caudal máximo 2.03 lt/seg, debido a que el caudal máximo generado por el método racional está dentro de los métodos semi-empíricos más cercanos a la realidad, debe indicarse que los métodos probabilísticos como Hunter o Hunter modificado genera datos demasiado alto para este tipo de edificios, por su frecuencia de uso de los muebles sanitarios.

Partiendo del caudal máximo se determinará el caudal medio diario usado por los aparatos sanitarios.

$$QMH = k * Qmd$$

$$Qmd = \frac{QMH}{k}$$

$$Qmd = \frac{2.03 \text{ lt/seg}}{3.3}$$

$$Qmd = 0.62 \text{ lt/seg}$$

$$Qmd = 0.62 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{86400 \text{ seg}}{24 \text{ h}}$$

$$Qmd = 2.23 \text{ m}^3/\text{día}$$

A continuación se detalla el caudal usado específicamente en el proceso de faenamiento, el cual se obtiene de la diferencia entre caudal del medidor y el caudal medio diario de aparatos sanitarios.

$$Q_{industria} = Q_{medidor} - Qmd$$

$$Q_{industria} = 37.22 \text{ m}^3/\text{día} - 2.23 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{industria} = 34.99 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### **4.1.2. Resultados de los parámetros de cada muestra**

Los informes de los análisis realizados a cada muestra de agua se encuentran en el Anexo N° 6.

Como se observa en la tabla N° 11, la muestra de agua cruda presentó valores elevados de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST. Para las siguientes muestras, al haber pasado por el proceso de filtración, se observa descensos en las concentraciones de cada parámetro.

Un análisis más detallado de las variaciones de cada parámetro se define en el numeral 4.2.1.

**Tabla N° 11.- Resultados de Análisis Físico - Químicos**

Días	Muestra	Parámetros		
		DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)
0	Cruda	7020.23	16884	270
13	Filtrada 1	124.34	411	88
34	Filtrada 2	59.97	297	25
42	Filtrada 3	121.24	581	51
50	Filtrada 4	55.30	371	42
58	Filtrada 5	286.17	744	73
68	Filtrada 6	79.78	385	92
76	Filtrada 7	158.83	398	65
83	Filtrada 8	152.36	406	59
91	Filtrada 9	290.55	436	72

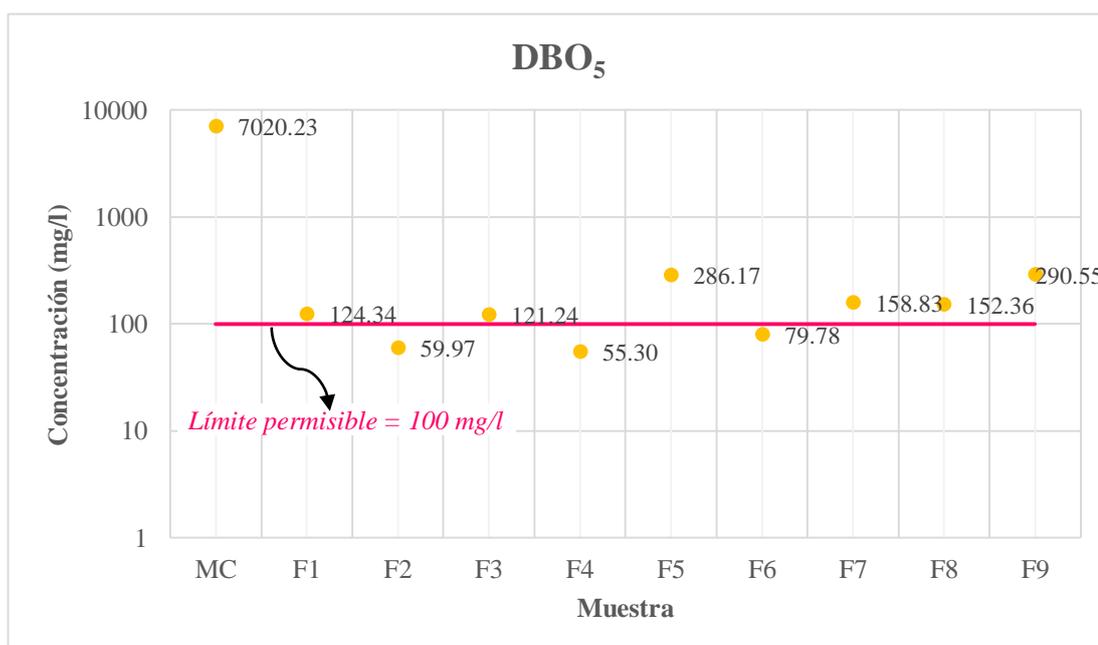
**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.2.1. Análisis de cada parámetro evaluado

#### 4.2.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno

**Gráfico N° 1.- Concentración del DBO<sub>5</sub> durante el periodo de funcionamiento**



**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

Como se observa en el gráfico N° 1, durante los 91 días en los que estuvo en funcionamiento el filtro se tomaron 10 muestras. La muestra de agua residual cruda presentó una concentración de DBO<sub>5</sub> igual a 7020.23 mg/l, concentración que fue disminuyendo hasta 59.97 mg/l correspondiente a la 2<sup>da</sup> muestra filtrada.

A los 42 días, la 3<sup>ra</sup> muestra filtrada presentó un incremento de 121.24 mg/l, por lo que se determinó que el material filtrante ya no era funcional.

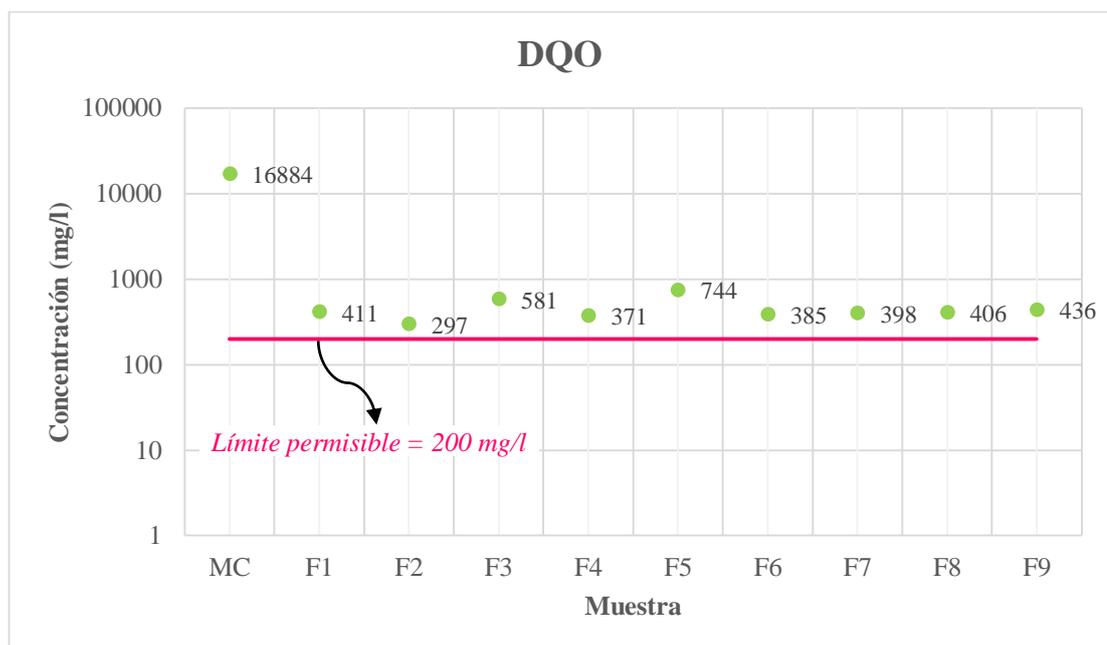
Una vez reemplazado el material, para la 4<sup>ta</sup> muestra filtrada la concentración disminuyó a 55.30 mg/l. Para las siguientes muestras 5<sup>ta</sup>, 6<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup> se puede observar incrementos y descensos en la concentración de DBO<sub>5</sub>, lo cual se atribuye a las distintas concentraciones de materia orgánica que contiene el agua residual.

A los 91 días, la 9<sup>na</sup> muestra nos arrojó un incremento de 290.55 mg/l, volviéndose a deducir que el material cumplió su vida útil.

Se puede determinar que el material filtrante arrojó resultados satisfactorios, sin embargo la concentración de este parámetro no se mantuvo por debajo del límite establecido por el TULSMA

#### 4.2.2.2. Demanda química de oxígeno

**Gráfico N° 2.- Concentración del DQO durante el periodo de funcionamiento**



**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

Como se observa en el gráfico N° 2, la muestra de agua residual cruda presentó una concentración de DQO igual a 16884 mg/l, la cual disminuyó hasta 297 mg/l correspondiente a la 2<sup>da</sup> muestra filtrada.

A los 42 días, la 3<sup>ra</sup> muestra filtrada presentó un incremento de 581 mg/l, por lo que se determinó que el material filtrante ya no era funcional.

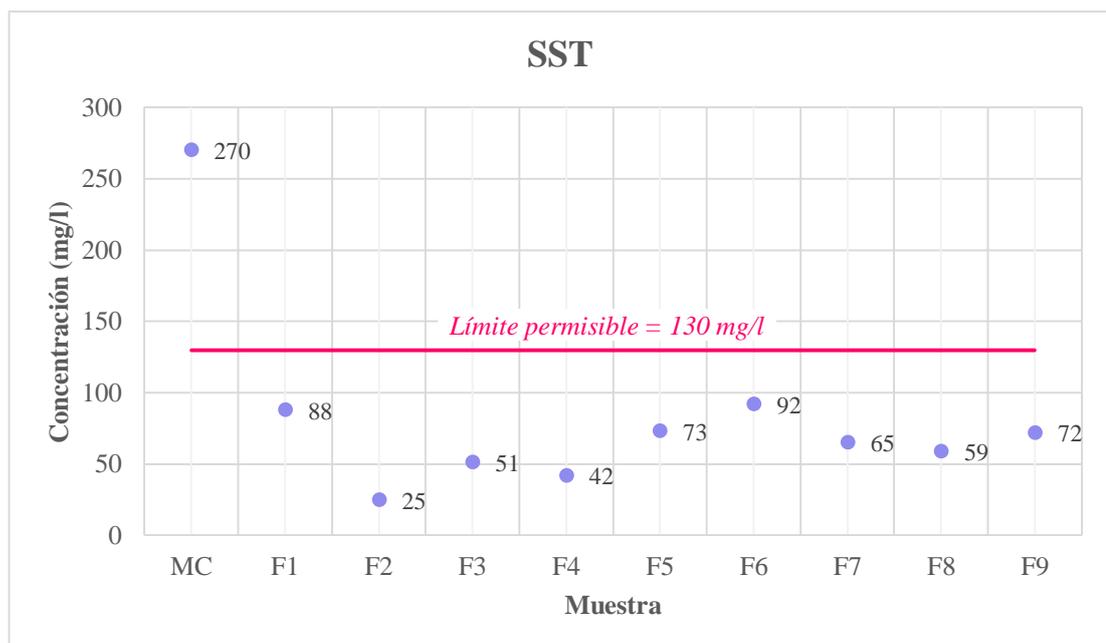
Una vez reemplazado el material, para la 4<sup>ta</sup> muestra filtrada la concentración disminuyó a 371 mg/l. Para las siguientes muestras 5<sup>ta</sup>, 6<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup> se puede observar incrementos y descensos en la concentración de DQO, lo cual se atribuye a las distintas concentraciones de materia orgánica que contiene el agua residual.

A los 91 días, la 9<sup>na</sup> muestra nos arrojó un incremento de 436 mg/l, volviéndose a deducir que el material cumplió su vida útil.

Se puede determinar que el material filtrante arrojó resultados satisfactorios, sin embargo la concentración de este parámetro no llegó a ser inferior al límite establecido por el TULSMA.

#### 4.2.2.3. Sólidos suspendidos totales

**Gráfico N° 3.- Concentración de SST durante el periodo de funcionamiento**



**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

Como se observa en el gráfico N° 3, la muestra de agua residual cruda presentó una concentración de SST igual a 270 mg/l, la cual disminuyó hasta 25 mg/l correspondiente a la 2<sup>da</sup> muestra filtrada.

A los 42 días, la 3<sup>ra</sup> muestra filtrada presentó un incremento de 51 mg/l, por lo que se determinó que el material filtrante ya no era funcional.

Una vez reemplazado el material, para la 4<sup>ta</sup> muestra filtrada la concentración disminuyó a 42 mg/l. Para las siguientes muestras 5<sup>ta</sup>, 6<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup> se puede observar incrementos y descensos en la concentración de SST, lo cual se atribuye a las distintas concentraciones de materia orgánica que contiene el agua residual.

A los 91 días, la 9<sup>na</sup> muestra nos arrojó un incremento de 72 mg/l, volviéndose a deducir que el material cumplió su vida útil.

Se puede determinar que el material filtrante arrojó resultados satisfactorios, siendo el único parámetro en el cual las concentraciones se encontraron por debajo del límite permisible establecido por el TULSMA.

#### **4.2.2. Análisis de la eficiencia**

La tabla N° 12 contiene los porcentajes de eficiencia que presentó el filtro durante sus 91 días de funcionamiento.

Este porcentaje de eficiencia será determinado para cada parámetro mediante la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \frac{Co - Cf}{Cf} * 100$$

*Donde:*

Co: concentración inicial

Cf: concentración final

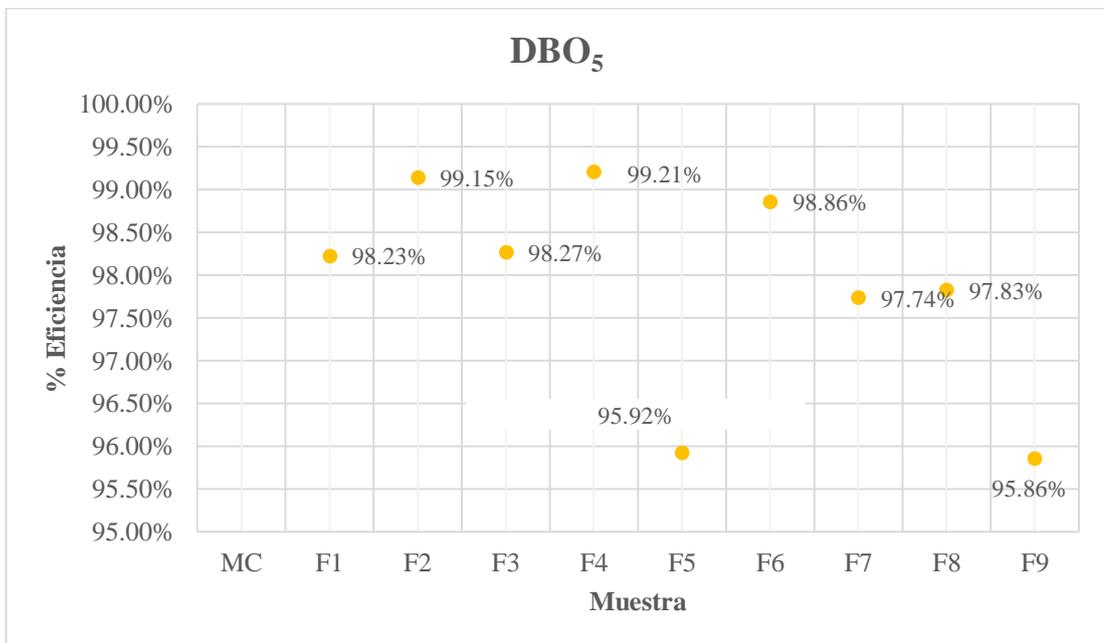
**Tabla N° 12.- Eficiencia del filtro**

Días	Muestra	Parámetros					
		DBO <sub>5</sub>		DQO		SST	
		(mg/l)	Eficiencia (%)	(mg/l)	Eficiencia (%)	(mg/l)	Eficiencia (%)
0	Cruda	7020.23	0	16884	0	270	0
13	Filtrada 1	124.34	98.23	411	97.57	88	67.41
34	Filtrada 2	59.97	99.15	297	98.24	25	90.74
42	Filtrada 3	121.24	98.27	581	96.56	51	81.11
50	Filtrada 4	55.30	99.21	371	97.8	42	84.44
58	Filtrada 5	286.17	95.92	744	95.59	73	72.96
68	Filtrada 6	79.78	98.86	385	97.72	92	65.93
76	Filtrada 7	158.83	97.74	398	97.64	65	75.93
83	Filtrada 8	152.36	97.83	406	97.60	59	78.15
91	Filtrada 9	290.55	95.86	436	97.42	72	73.33

**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

#### 4.2.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno

**Gráfico N° 4.- Eficiencia del filtro para la DBO<sub>5</sub>**



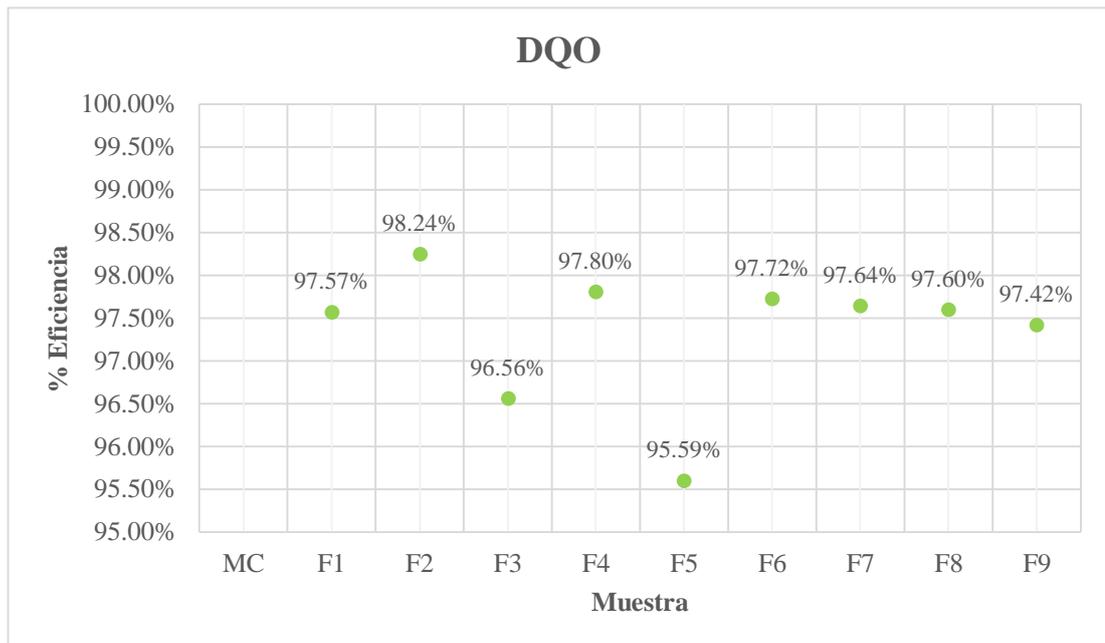
**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

En el gráfico N° 4, para el caso del DBO<sub>5</sub>, todas las eficiencias son positivas, es decir, siempre hubo una disminución en la concentración de este parámetro. Se puede

observar que la eficiencia de remoción se encuentra por encima del 95%, debido a que la muestra de agua residual cruda presento valores muy altos de concentración, y las muestras de agua filtrada disminuyeron significativamente.

#### 4.2.2.2. Demanda química de oxígeno

**Gráfico N° 5.- Eficiencia filtro para el DQO**

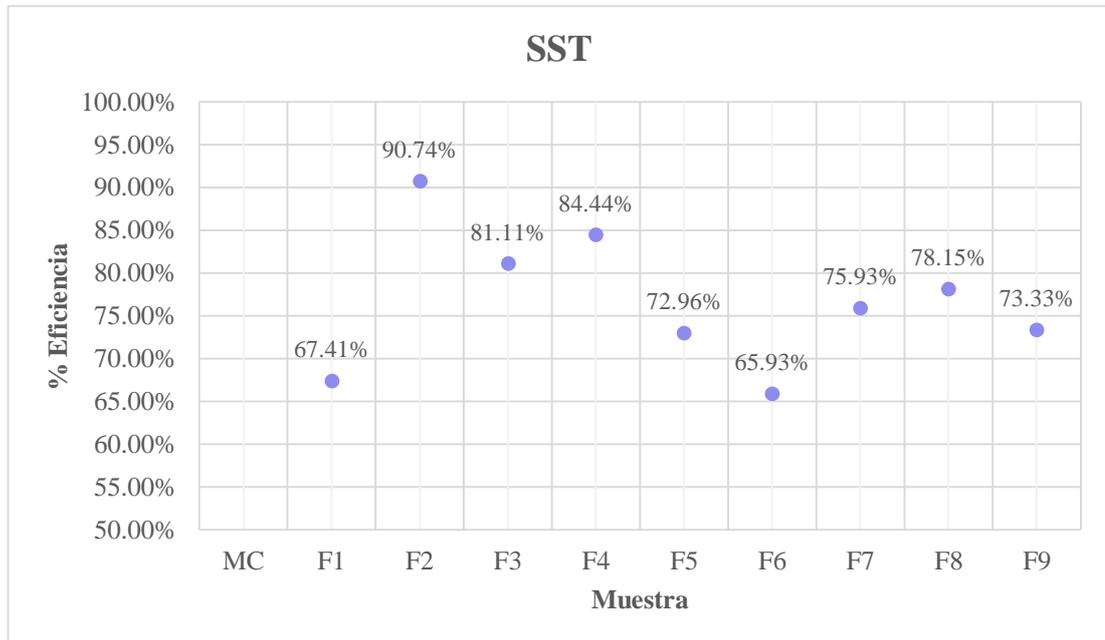


**Elaborado por:** María Belén Curipallo Quispe

En el gráfico N° 5, todas las eficiencias del DQO son positivas, es decir, siempre hubo una disminución en la concentración de este parámetro. Se puede observar que al igual que el DBO<sub>5</sub>, la eficiencia de remoción se encuentra por encima del 95%, debido a que la muestra de agua residual cruda presento valores muy altos de concentración, y las muestras de agua filtrada disminuyeron significativamente.

#### 4.2.2.3. Sólidos suspendidos totales

Gráfico N° 6.- Eficiencia filtro para la SST



Elaborado por: María Belén Curipallo Quispe

En el gráfico N° 6, todas las eficiencias de los SST son positivas, es decir, siempre hubo una disminución en la concentración de este parámetro. Se puede observar que la eficiencia de remoción se encuentra por encima del 65%, debido a que la muestra de agua residual cruda presentó una concentración de 270 mg/l, la cual no es muy alta en comparación a las de DBO<sub>5</sub> y DQO.

De acuerdo a los resultados de los análisis físico-químicos el efluente que no tuvo ningún tratamiento, presenta cantidades altas de DBO<sub>5</sub>, DQO Y SST. Al realizar una comparación entre esta muestra y las muestras filtradas, se obtuvo porcentajes de eficiencia mayores al 95% para DBO<sub>5</sub> y DQO; y eficiencias mayores al 65% para el caso de los SST. Por tal razón, se determina que el bagazo de caña es un material conveniente para el tratamiento de este tipo de efluentes.

El uso de este biofiltro presenta buenos resultados, al igual que investigaciones como [5], en donde se usó el bagazo de caña para tratar aguas contaminadas con

hidrocarburos, donde se obtuvieron eficiencias de remoción para grasas y aceites del 98.5% , e hidrocarburos totales 94.8%

Además, con lo expuesto en [33] se demuestra que los tratamientos de aguas residuales provenientes de camales con tratamientos biológicos resultan muy viables previa separación de residuos originados durante el proceso de faenamiento.

#### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Una vez analizadas las muestras de agua residual originadas en un camal se verifica la hipótesis planteada en el presente trabajo, debido a que el uso de un filtro con bagazo de caña logró la disminución de los niveles de contaminación existentes en el efluente, mostrando eficiencias superiores al 95% para DBO<sub>5</sub> y DQO, y mayores al 65% para SST.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se calculó el caudal que consume el camal llegando a un promedio de 35 m<sup>3</sup>/día, el cual puede presentar variaciones en los días de limpieza de las instalaciones y de acuerdo al número de animales faenados diariamente.
- Mediante análisis físico - químicos, el agua cruda tuvo concentraciones para DBO<sub>5</sub>, DQO y SST iguales a 7020.23 mg/l, 16884 mg/l y 270 mg/l respectivamente.
- Durante el proceso de filtración la menor concentración llegó a ser de 55.30 mg/l para DBO<sub>5</sub>, 297 mg/l para DQO y 25 mg/l para SST, valores que representan efectividades de remoción de contaminación de 99.21 %, 98.24% y 90.74% respectivamente para cada parámetro.
- Debido a los resultados satisfactorios respecto a la disminución de la concentración de los parámetros analizados, se determina que el uso de un filtro con bagazo de caña puede ser utilizado en el pretratamiento de estas aguas residuales.
- La adquisición del material es relativamente fácil, por cuanto que existen diversas fábricas donde se produce este desecho en cantidades significativas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- A más del bagazo de caña el cual arrojó resultados satisfactorios, se recomienda el uso de otro material orgánico que ayude a disminuir en mayor cantidad las concentraciones de los parámetros, para así mantenerse los niveles de contaminación por debajo de los límites que establece el TULSMA.
- En cuanto al funcionamiento adecuado del filtro se recomienda realizar una limpieza del mismo cada semana, y realizar el reemplazo del bagazo cada 30 días, para así evitar inconvenientes que afecten al funcionamiento del filtro.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### 1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Muñoz M, “Sistema De tratamiento De aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes,” *Fac. Ciencias Agropecu.*, vol. 3, no. 1, pp. 87–98, 2005.
- [2] M. A. Garzón-Zúñiga, G. Buelna, and G. E. Moeller-Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. III, no. 3, pp. 153–161, 2012.
- [3] G. Salas and C. Condorhuamán, “Tratamiento De Las Aguas Residuales De Un Centro De Beneficio O Matadero De Ganado,” *Rev. Peru. Química e Ing. Química*, vol. 11, pp. 29–35, 2008.
- [4] L. Villacís, “Las aguas residuales del camal municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del Rio Pastaza en la provincia de Tungurahua,” 2015.
- [5] P. de la C. Martínez Nodal, I. Rodríguez Rico, G. Esperanza Pérez, and J. Leiva Mas, “Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos,” *Afinidad LXXI*, vol. 565, no. 53, pp. 57–62, 2014.
- [6] M. Thurnhofer, “Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades,” 2006.
- [7] M. Platzer, V. Cáceres, and N. Fong, “Investigaciones y experiencias con biofiltros en Nicaragua, Centro América,” 2002.
- [8] A. Arango Ruiz, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua,” *Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2004.
- [9] “Ecuador: 88% de las aguas residuales llega a los ríos,” *La Hora*, 29-Oct-2016.
- [10] J. Santos, “Un río contaminado por las aguas residuales de un camal en Pastaza,” *Teleamazonas*, 15-Jun-2016.

- [11] A. Armada, E. Barquinero, and E. Capote, “Empleo del bagazo como material absorbente en derrames de petróleo,” *ICIDCA. Sobre los Deriv. la caña Azucar*, vol. XLII, pp. 96–100, 2008.
- [12] E. Diaz, A. Alvarado, and K. Camacho, “El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México,” *Quivera*, pp. 78–97, 2012.
- [13] G. Correia, I. Sánchez, D. Gebara, M. D. A. Sobrinho, and T. Matsumoto, “Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna,” *Rev. Fac. Ing.*, no. 67, pp. 172–182, 2013.
- [14] M. Espigares García and J. A. Pérez López, “Aguas Residuales. Composición.”
- [15] S. J. Carrasquero Ferrer, D. C. Marquina Gelvez, and J. G. Soto López, “Remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usando un reactor biológico secuencial,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 25, no. 2, pp. 43–60, 2015.
- [16] A. Noyola, J. M. Morgan, and L. Guereca, *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. 2013.
- [17] G. Cárdenas and S. Iván, “Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública,” *Univ. y Salud*, vol. 15, no. 1, pp. 72–88, 2013.
- [18] G. H. Palta Prado and S. Morales Velasco, “Fitodepuración de aguas residuales domésticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum*, en el municipio de Popayán, Cauca,” *Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustriail*, vol. 11, no. 2, pp. 57–65, 2013.
- [19] D. M. Arias Lizárraga and E. Méndez Gómez, “Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. V, no. 3, pp. 115–123, 2014.
- [20] Ministerio del Ambiente, “Texto unificado de legislación secundaria del

Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua,” pp. 1–37, 2014.

- [21] DIGESA, “Parámetros organolépticos,” vol. 1, pp. 1–145, 2010.
- [22] Cyclus, “Parámetros,” pp. 1–2, 2011.
- [23] A. L. Arce Velázquez., C. G. Calderón Mólgora, and A. C. Tomasini Ortiz, *Fundamentos Técnicos Para El Muestreo Y Análisis De Aguas Residuales*. 2007.
- [24] M. A. Garzón Zúñiga, J. González Zurita, and R. García Barrios, “Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual,” *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 32, no. 2, pp. 199–211, 2016.
- [25] F. Thalasso and R. Pineda Olmedo, “Biofiltración: tratamiento biológico de aire contaminado.,” *Av. y Perspect.*, vol. 21, no. XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería, p. 2, 2002.
- [26] H. Casierra Martínez, J. Casalins Blanco, X. Vargas Ramírez, and A. Caselles Osorio, “Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. VII, no. 4, pp. 97–111, 2016.
- [27] G. Valencia Montoya, “Filtros biológicos.” .
- [28] G. Quille and T. Donaires, “Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de camal municipal Ilave,” *Investig. Altoandin.*, vol. 15, pp. 65–72, 2013.
- [29] I. N. de E. y C. Climático, “Biofiltración,” no. Cv.
- [30] A. Alvarez Mancilla, J. Benítez Jiménez, and Y. Camargo Caicedo, “Biofiltración para la remoción de sulfuro de hidrógeno en la Estación de Bombeo Norte de Aguas Residuales,” *INGE CUC*, vol. 7, no. 1, pp. 113–126, 2011.
- [31] H. T. Fernández, I. R. Rico, J. Jover de la Prida, and H. Vanlangenhove, “Remoción de sulfuro de dimetilo mediante biofiltración con bagazo de caña inoculado con *Hyphomicrobium VS*,” *AFINIDAD LXVIII*, pp. 221–225, 2011.

- [32] H. Gutiérrez Pulido and R. De la Vara Salazar, *Análisis y diseño de experimentos*. 2008.
- [33] G. Chaux, G. L. Rojas, and L. Bolaños, “Producción mas limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades.” *Ebsco*, vol. 7, no. 1692–3561, p. 12, 2009.

## **2. ANEXOS**

Anexo N° 1: Memoria fotográfica

Anexo N° 2: Planimetría del lugar de estudio

Anexo N° 3: Red de distribución de agua potable

Anexo N° 4: Red de distribución de aguas servidas

Anexo N° 5: Diseño del filtro

Anexo N° 6: Informe de los análisis físico – químicos de las muestras de agua residual

## Anexo N° 1: Memoria fotográfica

Estructura del filtro



Colocación del material filtrante



Obtención de efluente



Material filtrante



Tanque de almacenaje del agua residual (Camal)



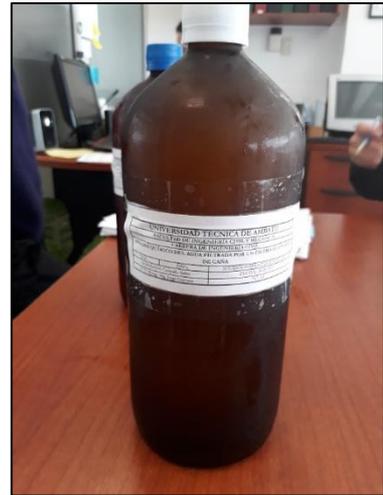
Muestra de agua residual



Muestra de agua residual filtrada



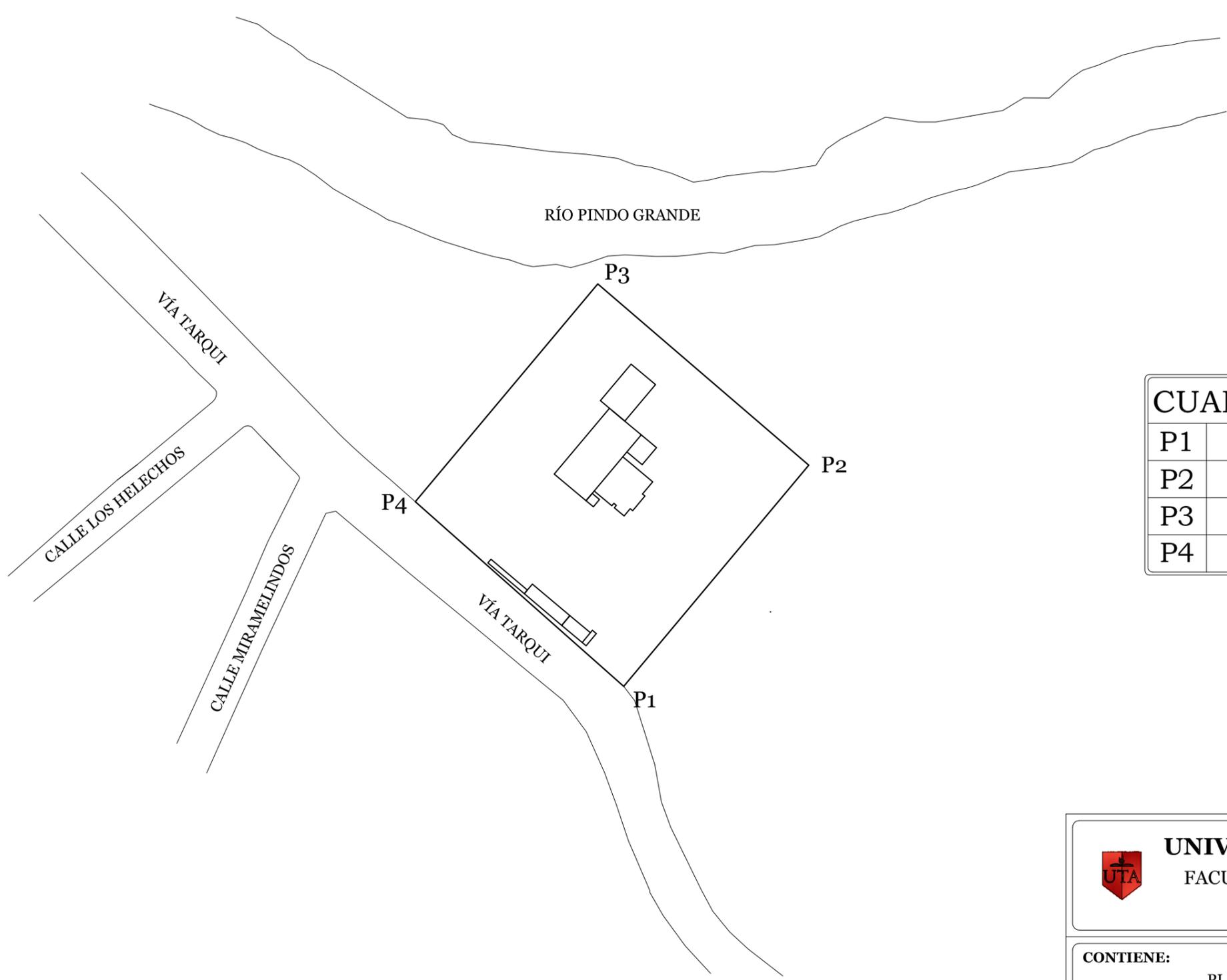
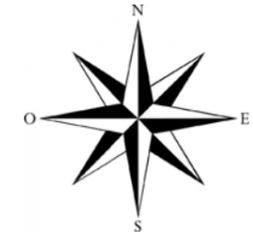
Embace para las muestras



Material filtrante en descomposición



## **Anexo N° 2: Planimetría del lugar de estudio**

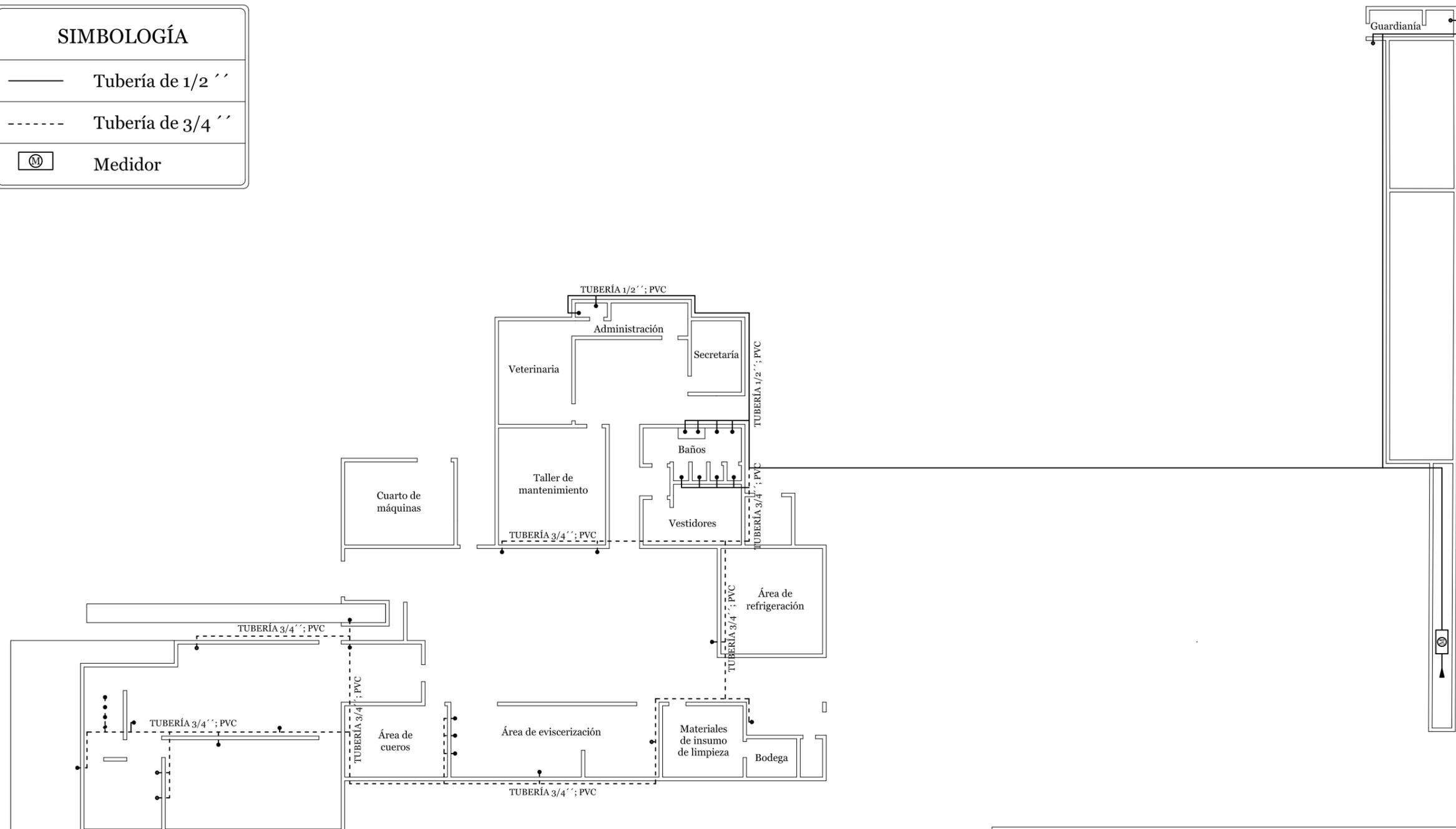


P1	832696.53	9834224.35
P2	832767.55	9834284.05
P3	832705.42	9834345.99
P4	832638.93	9834274.94

				<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
				CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CONTIENE:</b>									
PLANIMETRÍA DEL CAMAL MUNICIPAL DE PUYO									
<b>PROVINCIA:</b> PASTAZA		<b>CANTÓN:</b> PASTAZA		<b>PARROQUIA:</b> PUYO		<b>SECTOR:</b> EL RECREO			
<b>DIBUJO:</b> EGDA. BELÉN CURIPALLO			<b>LÁMINA:</b> 1 DE 3		<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2017		<b>ESCALA:</b> 1:1500		

**Anexo N° 3: Red de distribución de agua potable**

SIMBOLOGÍA	
—	Tubería de 1/2 ''
- - - -	Tubería de 3/4 ''
Ⓜ	Medidor

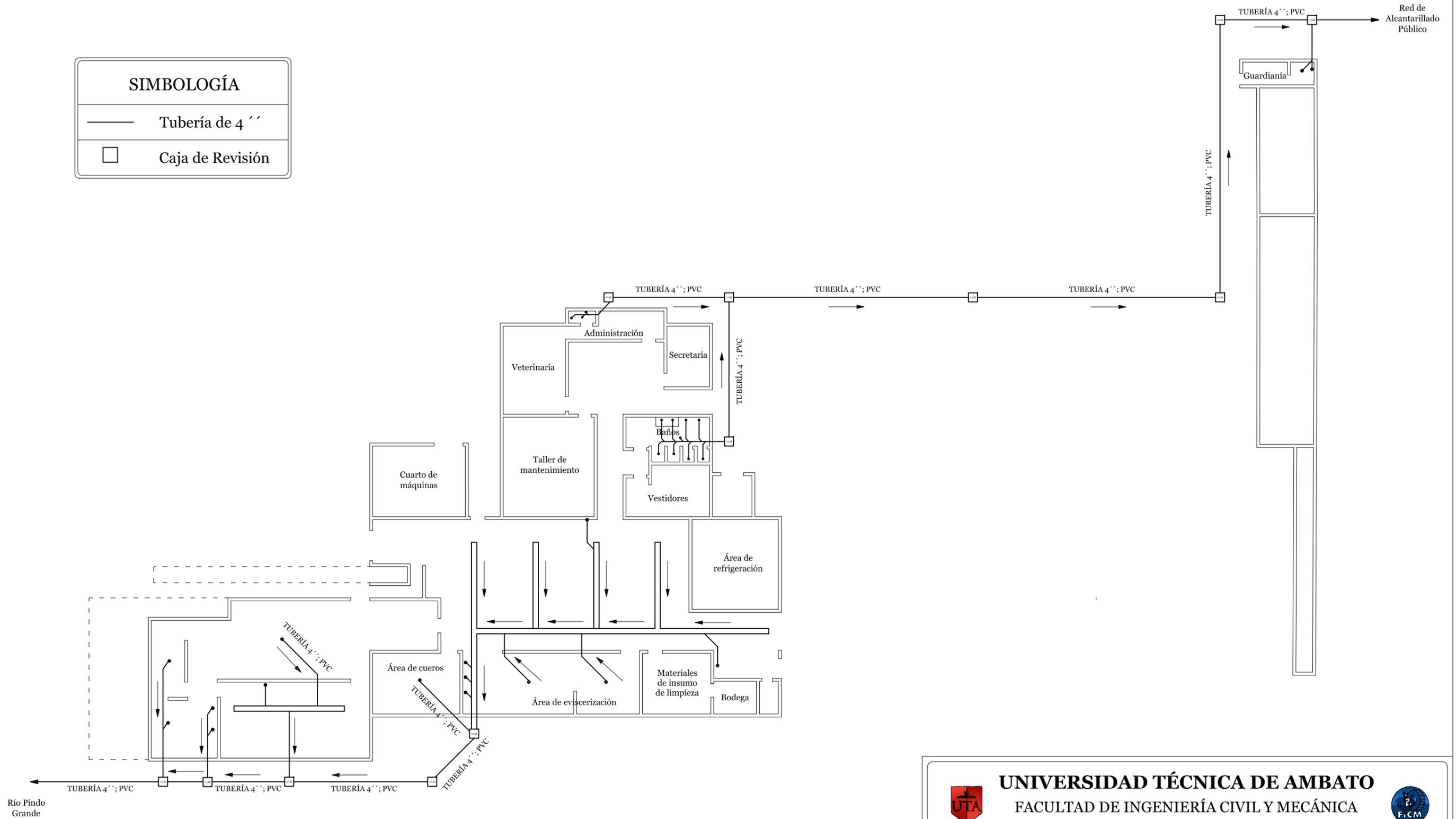


<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>CONTIENE:</b> RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE			
<b>PROVINCIA:</b> PASTAZA	<b>CANTÓN:</b> PASTAZA	<b>PARROQUIA:</b> PUYO	<b>SECTOR:</b> EL RECREO
<b>DIBUJO:</b> EGDA. BELÉN CURIPALLO	<b>LÁMINA:</b> 2 DE 3	<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2017	<b>ESCALA:</b> 1:250

**Anexo N° 4: Red de distribución de aguas servidas**

### SIMBOLOGÍA

- Tubería de 4''
- Caja de Revisión



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



**CONTIENE:**

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA SERVIDA

**PROVINCIA:**  
PASTAZA

**CANTÓN:**  
PASTAZA

**PARROQUIA:**  
PUYO

**SECTOR:**  
EL RECREO

**DIBUJO:**  
EGDA. BELÉN CURIPALLO

**LÁMINA:**  
3 DE 3

**FECHA:**  
OCTUBRE 2017

**ESCALA:**  
1:250

**Anexo N° 5: 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**

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

**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
<b>Tiempo de residencia hidráulica (horas)</b>	<b>5 a 10</b>	<b>4 a 8</b>	<b>3 a 6</b>
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:

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

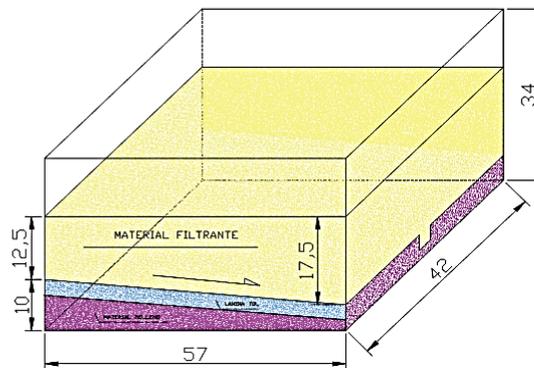
+ 15 gal para garantizar que alrededor de que 1/3 del tanque este lleno, esto para que no se quede sin agua el filtro y no deje de funcionar.

**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.

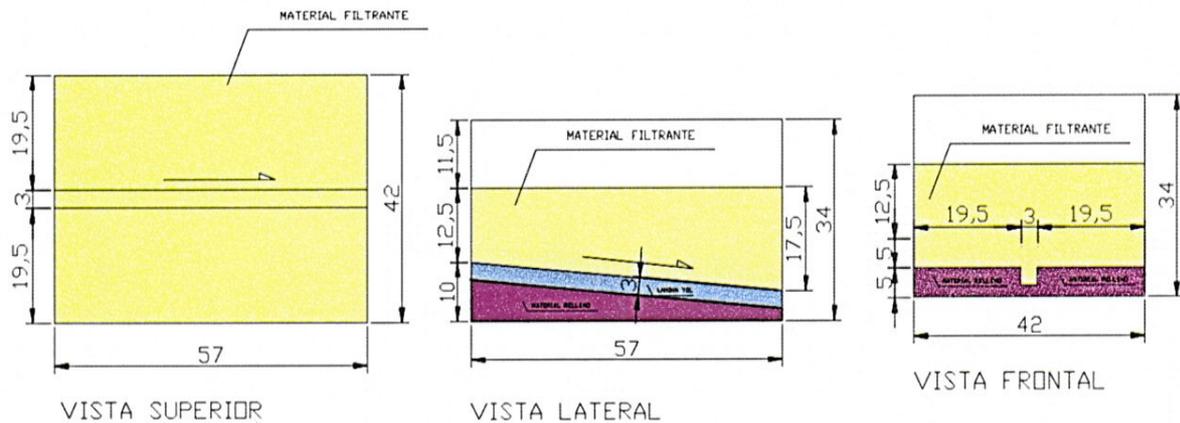


**Gráfico 3.** Guardamovil grande

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.

# Anexo N° 6: Informe de los análisis físico – químicos de las muestra de agua residual

## Muestra de agua residual cruda

“Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables”  
[www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)

### INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE		Versión: 9
CLIENTE:		Pág. 1 de 1
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo	Código: REG TEC 018
DIRECCION:	Ambato	Fecha formato: 20/03/2017
TELÉFONO:		NÚMERO DE INFORME:
CELULAR:	0995908416	LACQUA   1   7 -   1   8   6   7
e - mail:	<a href="mailto:blncuripallo.22@gmail.com">blncuripallo.22@gmail.com</a>	

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	TEM. AMBIENTE(°C):
	51	19

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual: Camal	FECHA TOMA DE MUESTRA:	30 de mayo de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 30 de mayo al 08 de junio de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	08 de junio de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5***	mg/l	7020,23	PA-45,00	-----
DQO	mg/l	16884	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	270	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

\* Parámetro acreditado  
 \*\* Parámetro No acreditado  
 \*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: OAE LE 2C 05-005  
 \*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**PERSONAL RESPONSABLE:**

 Ing. Marcelo Tirado <b>ANALISTA</b>	 Dr. Harold Jiménez <b>DIRECTOR TECNICO</b>
--	---

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](mailto:info@lacquanalisis.com)  
 Ambato, Ecuador - Sud América

# Muestra de agua filtrada N° 1



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales

“Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables”  
www.lacquanalisis.com

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	blncuripallo_22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11868

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	51	TEM. AMBIENTE(°C):	19
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal Filtrada	FECHA TOMA DE MUESTRA:	30 de mayo de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 30 de mayo al 08 de junio de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	08 de junio de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5**	mg/l	124,34	PRO TEC 066 / HACH 8043	-----
DQO	mg/l	411	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	88	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance

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

**PERSONAL RESPONSABLE:**

  
 Ing. Marcelo Tirado  
ANALISTA

  
 Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO



**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

## Muestra de agua filtrada N° 2



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales



Cumplimos con la legislación vigente



Respetamos la confidencialidad y privacidad



Pensamos en el futuro de nuestros clientes



Nos dedicamos a la protección del medio ambiente



Desarrollamos trabajo en equipo



Análisis de agua con precisión

"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"  
[www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)

### INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA - FICM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	bincuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7   1   9   0   1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	55	TEM. AMBIENTE(°C):	19
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal Filtrada	FECHA TOMA DE MUESTRA:	20 de junio de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 20 al 29 de junio de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	29 de junio de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5**	mg/l	59,97	PRO TEC 066 / HACH 8043	-----
DQO	mg/l	297	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	25	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

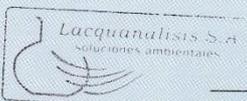
\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A

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

**PERSONAL RESPONSABLE:**

  
 Ing. Marcelo Tirado  
**ANALISTA**

  
 Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

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](mailto:info@lacquanalisis.com)  
Ambato, Ecuador - Sud América

# Muestra de agua filtrada N° 3



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales



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

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA -FICM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	blncuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11-913

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	54	TEM. AMBIENTE(°C):	20
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal Filtrada		FECHA TOMA DE MUESTRA:	28 de junio de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente			
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual			
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 28 junio al 13 de julio de 2017			
FECHA EMISION DE INFORME:	13 de julio de 2017			

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5	mg/l	121,24	PRO TEC 066 / HACH 8043	± 3,72 %
DQO	mg/l	581	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	51	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

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 Jose Tapia  
**ANALISTA**





Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

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

# Muestra de agua filtrada N° 4



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales













"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"  
[www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA -FCM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	blncuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11928

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	49	TEM. AMBIENTE(°C):	20
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Carnal Filtrada		
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA:	06 de julio de 2017
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 06 al 17 de julio de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	17 de julio de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5	mg/l	55,30	PRO TEC 066 / HACH 8043	± 3,72 %
DQO	mg/l	371	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	42	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado

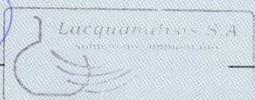
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A

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

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Dr. Marcelo Tirado  
ANALISTA





Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

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](mailto:info@lacquanalisis.com)  
Ambato, Ecuador - Sud América

# Muestra de agua filtrada N° 5



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales













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

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA -FICM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	blncuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11941

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	45	TEM. AMBIENTE(°C):	19
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal Filtrada	FECHA TOMA DE MUESTRA:	14 de julio de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 14 al 25 de julio de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	25 de julio de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5	mg/l	286,17	PRO TEC 066 / HACH 8043	± 3,72 %
DQO	mg/l	744	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	73	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

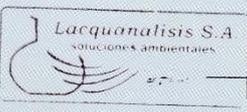
\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A

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

**PERSONAL RESPONSABLE:**

  
 Ing. María Jose Tapia  
**ANALISTA**



  
 Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

**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



# Muestra de agua filtrada N° 7



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales



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

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA -FICM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCION:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	bincuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11982

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	43	TEM. AMBIENTE(°C):	19
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal Filtrada		FECHA TOMA DE MUESTRA:	01 de agosto de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente			
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual			
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 01 al 10 de agosto de 2017			
FECHA EMISION DE INFORME:	10 de agosto de 2017			

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5	mg/l	158,83	PRO TEC 066 / HACH 8043	± 3,72 %
DQO	mg/l	398	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	65	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 20,26 %

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A

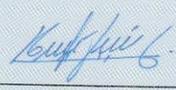
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Marcelo Tirado  
**ANALISTA**





Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

**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



# Muestra de agua filtrada N° 9



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales













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

## INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA -FICM
REPRESENTANTE:	Belén Curipallo
DIRECCIÓN:	Ambato
TELEFONO:	
CELULAR:	0995908416
e - mail:	blncuripallo.22@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-2011

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	49	TEM. AMBIENTE(°C):	21
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual Camal - Filtrada	FECHA TOMA DE MUESTRA:	16 de agosto de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 16 al 25 de agosto de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	25 de agosto de 2017		

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5	mg/l	290,55	PRO TEC 066 / HACH 8043	± 3,72 %
DQO	mg/l	436	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 12,18 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	72	PRO TEC 029 / HACH 8006	± 21,52 %

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A

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

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Marcelo Tirado  
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

**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