

**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 DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE  
LA CURTIEMBRE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO**

---

AUTOR: Kelly Giomara Punguil Narváz

TUTOR: Ing. M.Sc. Geovanny Paredes.

**AMBATO-ECUADOR**

**2017**

## **Certificación del tutor**

Yo, Ing Mg, Geovanny Paredes Cabezas certifico que la presente tesis de grado **“ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO”** realizado por la Srta. Kelly Giomara Punguil Narvárez Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor **a la verdad.**

**Ambato, 2017**

---

**Ing Mg, Geovanny Paredes Cabezas**

**TUTOR**

## **Autoría del trabajo**

Yo, Kelly Giomara Punguil Narvárez, con CI 1803778651 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental con tema:

**“ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO”**,  
es de mi completa autoría.

**Ambato, 2017**

---

Kelly Giomara Punguil Narvárez

**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 mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo de Titulación 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, 2017**

---

Kelly Giomara Punguil Narvárez

CI 1803778651

**AUTOR**

## **Aprobación del tribunal de grado**

Los profesores calificadores una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO”, de la egresada Kelly Giomara Punguil Narváez, de la carrera de Ingeniería Civil, la misma que cumple 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. Lenin Maldonado**  
**PROFESOR CALIFICADOR**

---

**Ing. Mg. Dilon Moya**  
**PROFESOR CALIFICADOR**

## **Dedicatoria**

*Este proyecto lo dedico principalmente a Dios por haberme ayudado y guiado de la mejor manera he impartirme tanta sabiduría para yo poder culminar esta etapa tan importante de mi vida.*

*A mis Padres Nelly y Milton por haber sido los pilares fundamentales en cada paso y siempre estar al pendiente de mí apoyándome y por todo su infinito amor.*

*A mi Esposo Santiago, por el apoyo constante y compromiso de estar junto a mí alentándome y ayudándome a seguir adelante con este proyecto.*

*A mis hermanas Karen y Maribel por estar siempre al pendiente y sentir su apoyo todos los días de mi vida, a mis pequeñitos amados por ser ese motorcito de seguir adelante.*

*A todos mis Profesores por haberme impartido todos sus conocimientos y haber hecho de mí una mejor persona y segura que seré una excelente profesional en el Futuro.*

*Kelly Giomara Punguil Narváez*

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios y a mis Padres por toda la ayuda brindada en el transcurso de mi carrera Universitaria.*

*A mi Esposo por su apoyo, por su tiempo en el desarrollo de este proyecto por su constancia y por impulsarme a seguir adelante y cada día irme formando como toda una profesional.*

*A mis hermanitas por ayudarme siempre que necesité de su ayuda.*

*A mi tutor Ing. Msc Geovanny Paredes por toda su ayuda brindada en el desarrollo de este proyecto y a todos quienes fueron mis profesores en el transcurso de mi formación.*

*Gracias totales a quienes forman parte de la Curtiembre Quisapincha por abrirme las puertas de su industria y ayudarme a cumplir con este proyecto.*

*Kelly Giomara Punguil Narváez*

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

Portada.....	i
Certificación del tutor .....	ii
Autoría del trabajo .....	iii
Derechos de autor .....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
Antecedentes .....	1
<b>1.1 Tema de investigación</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Antecedentes</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Objetivos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.1 Objetivo general</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
Fundamentación .....	6
<b>2.1 Fundamentación teórica</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.1 Curtido</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.2 Proceso de producción</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.3 Agua residual</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.3.1 Clasificación de las aguas residuales</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.3.2 Características del agua residual</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.3.2.1 Características físicas</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.3.2.2 Características químicas</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.4 Tratamiento de aguas residuales</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.4.1 Tratamiento preliminar</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.4.2 Tratamiento primario</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.4.3 Tratamiento secundario</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.4.4 Tratamiento avanzado o terciario</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.1 Grava o agregado grueso</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.6 La biofiltración</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.6.1 Mecanismos de la filtración</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.6.2 Mecanismos de transporte</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.6.3 Mecanismos de adherencia</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.6.3.1 Interacción combinada entre las fuerzas eléctricas y las de Van der Waals</b> ..	<b>15</b>



2.1.6.3.2	<b>Enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos de un material intermediario</b>	16
2.2	<b>Hipótesis</b>	17
2.2.1	<b>Hipótesis Nula</b>	17
2.2.2	<b>Hipótesis Alterna</b>	17
2.3	<b>Señalamiento de variables</b>	17
2.3.1	<b>Variable independiente</b>	17
2.3.2	<b>Variable dependiente</b>	17
3.	<b>CAPÍTULO III</b>	18
	<b>Metodología</b>	18
3.1	<b>Nivel o tipo de Investigación</b>	18
3.2	<b>Población y Muestra</b>	19
3.2.1	<b>Población</b>	19
3.2.2	<b>Muestra</b>	19
3.3	<b>Operacionalización de Variables</b>	20
3.3.1	<b>Variable Independiente</b>	20
3.3.2	<b>Variable Dependiente</b>	21
3.4	<b>Plan de recolección de la información</b>	22
3.5	<b>Plan procesamiento y análisis</b>	23
3.5.1	<b>Diseño del filtro</b>	23
3.5.1.1	<b>Referencias para el modelo del filtro</b>	23
3.5.1.2	<b>Dimensiones del filtro</b>	25
3.5.1.3	<b>Especificaciones</b>	26
3.5.2	<b>Información industrial</b>	29
3.5.2.1	<b>Ubicación del lugar de estudio</b>	29
3.5.2.2	<b>Caracterización del lugar</b>	30
3.5.2.3	<b>Materiales para realizar el filtro</b>	31
3.5.2.4	<b>Tratamiento previo del material filtrante</b>	31
3.5.2.5	<b>Elaboración y funcionamiento del filtro</b>	31
3.5.2.6	<b>Partes del filtro</b>	32
3.1.1	<b>Costo del filtro</b>	33
4.	<b>CAPÍTULO IV</b>	34
	<b>Análisis e interpretación de resultados</b>	34
4.1	<b>Recolección de datos</b>	34
4.1.1	<b>Cálculo del caudal de agua potable</b>	34
4.1.2	<b>Cálculo y medición del caudal de agua residual</b>	36
4.1.3	<b>Recolección de las muestras</b>	38
4.1.4	<b>Análisis del agua residual y el agua filtrada</b>	38
4.2	<b>Análisis de Resultados</b>	39
4.3	<b>Análisis de la Eficiencia del Filtro</b>	42

Verificación de la hipótesis .....	46
<b>4. CAPÍTULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1 Conclusiones .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2 Recomendaciones.....</b>	<b>48</b>
<b>Materiales de referencia .....</b>	<b>49</b>
<b>1. Bibliografía .....</b>	<b>49</b>
<b>2.1 Encuesta .....</b>	<b>51</b>
<b>2.2 Imágenes del material filtrante .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3 Diseño y estructura del filtro.....</b>	<b>53</b>
<b>2.4 Imágenes generales del proyecto experimental .....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.1 Funcionamiento del Filtro .....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.2 Procesos de la Curtiembre Quisapincha.....</b>	<b>56</b>
<b>2.5 Informes de los resultados físicos-químicos de las muestras.....</b>	<b>58</b>
<b>2.6 Referencia de diseño del Filtro.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operaciones del proceso de curtiembre, composición de los efluentes y algunas .....	8
<b>Tabla 2.</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	11
<b>Tabla 3.</b> Objetivo de los procesos de pretratamiento.....	12
<b>Tabla 4.</b> Tipos de tratamientos secundarios.....	13
<b>Tabla 5.</b> Requisitos que deben cumplir las gravas utilizadas como lecho de soporte ...	14
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de la variable Independiente .....	20
<b>Tabla 7.</b> Operacionalización de la variable Dependiente .....	21
<b>Tabla 8.</b> Plan de recolección de información.....	22
<b>Tabla 9.</b> Parámetros de diseño de un filtro FAFA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 10.</b> Cifra de cueros producidos .....	30
<b>Tabla 11.</b> Detalle de Químicos .....	30
<b>Tabla 12.</b> Tamaño del Material Filtrante .....	31
<b>Tabla 13.</b> Costo del Filtro .....	33
<b>Tabla 14.</b> Aforo de Agua Potable .....	34
<b>Tabla 15.</b> Caudal de Agua Potable .....	35
<b>Tabla 16.</b> Medidas del Tanque de Abastecimiento de Agua Potable de la Curtiembre Quisapincha. ....	36
<b>Tabla 17.</b> Caudal del Agua Residual .....	37
<b>Tabla 18.</b> Recolección de Muestras .....	38
<b>Tabla 19.</b> Tabla Resumen de Análisis Físico-Químico .....	38
<b>Tabla 20.</b> Tabla resumen del porcentaje de Eficiencia .....	42

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Comportamiento del Cromo Hexavalente en el transcurso del tiempo . **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 2.** Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 3.** Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 4.** Nivel de Remoción Cromo Hexavalente ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 5.** Nivel de Remoción Demanda Química de Oxígeno .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 6.** Nivel de Remoción Demanda Bioquímica de Oxígeno **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Proceso de Rivera..... **¡Error! Marcador no definido.**  
**Figura 2.** Procesos mecánicos de post-curtición..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Mecanismos de Transporte .....	15
<b>Imagen 2.</b> Medidas del Medio Filtrante.....	25
<b>Imagen 3.</b> Guarda Móvil.....	26
<b>Imagen 4.</b> Vista Frontal del Filtro.....	26
<b>Imagen 5.</b> Vista Superior del Filtro .....	27
<b>Imagen 6.</b> Vista Lateral del Filtro.....	27
<b>Imagen 7.</b> Tanque de Abastecimiento .....	28
<b>Imagen 8.</b> Localización del lugar.....	29
<b>Imagen 9.</b> Curtiembre QUISAPINCHA .....	29
<b>Imagen 10.</b> Granulometría del Material Filtrante .....	31
<b>Imagen 11.</b> Grava sin tamizar .....	52
<b>Imagen 12.</b> Tamiz 3/8 y #4 .....	52
<b>Imagen 13.</b> Realizando el Tamizaje con el tamiz 3/8 .....	52
<b>Imagen 14.</b> Realizando el Tamizaje con el tamiz #4 .....	52
<b>Imagen 15.</b> Grava que retiene el tamiz #4 .....	52
<b>Imagen 16.</b> Grava obtenida para el proyecto .....	52
<b>Imagen 17.</b> Diseño y Estructura del Filtro.....	53
<b>Imagen 18.</b> Biofiltro en funcionamiento.....	54
<b>Imagen 19.</b> Limpieza de la bandeja .....	54
<b>Imagen 20.</b> Medición del caudal.....	54
<b>Imagen 21.</b> Llenado del tanque de abastecimiento mediante una bomba.....	54
<b>Imagen 22.</b> Tanque de abastecimiento lleno.....	55
<b>Imagen 23.</b> Proceso de pre filtración antes del llenado del tanque de abastecimiento ..	55
<b>Imagen 24.</b> Toma de muestra filtrada para el análisis físico-químico .....	55
<b>Imagen 25.</b> Muestra de agua filtrada .....	55
<b>Imagen 26.</b> Agua de Entrada .....	55
<b>Imagen 27.</b> Agua de Salida.....	55
<b>Imagen 28.</b> Conservación en sal .....	56
<b>Imagen 29.</b> Pelambre .....	56
<b>Imagen 30.</b> Teñido .....	56
<b>Imagen 31.</b> Curtido .....	56
<b>Imagen 32.</b> Descarnado .....	56
<b>Imagen 33.</b> Ablandado.....	56
<b>Imagen 34.</b> Dividido .....	57
<b>Imagen 35.</b> Ecurrido.....	57
<b>Imagen 36.</b> Pintado y Lacado .....	57
<b>Imagen 37.</b> Secado al Vacío .....	57

## Resumen ejecutivo

**Tema:** Análisis de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre Quisapincha de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato.

**Autor:** Kelly Giomara Punguil Narváez.

**Tutor:** Ing.Msc. Geovanny Paredes.

En el presente proyecto se realizó un proceso de biofiltración con la utilización de la grava como material filtrante del efluente de la Curtiembre Quisapincha ubicada en el Cantón Ambato Provincia de Tungurahua, se procedió a evaluar el agua residual de entrada y salida del biofiltro considerando en los análisis físicos-químicos los siguientes parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Cromo Hexavalente.

Se desarrolló el monitoreo del filtro en un tiempo de 90 días, la toma de muestras se realizó cada 10 y 15 días tomando la muestra todos los días jueves que se receipta el agua de curtido teniendo de esta manera 9 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua cruda tomada inicialmente. Los análisis de las muestras se realizaron en Lacquanálisis S.A.

Con los resultados de los análisis realizados se procedió a verificar la eficiencia del biofiltro comparando la muestra de agua cruda con cada una de las muestras de agua filtrada, y determinando si las muestras cumplen con los límites permisibles establecidos por el TULSMA.

Una vez analizados los resultados se determinó que la grava si cumple la función como material filtrante y si redujo los niveles de contaminación llegando a valores de eficiencia de 98.5% en Cromo Hexavalente, 94.2% en DQO y 95.6% en DBO5.

## **Executive summary**

**Topic:** Analysis of the grave as a filter in the treatment of wastewater from the Quisapincha tannery of the Province of Tungurahua Ambato Canton.

**Author:** Kelly Giomara Punguil Narváez.

**Tutor:** Ing.Msc. Geovanny Paredes.

In the present project, a biofiltration process was carried out with the use of gravel as filtering material of the Quisapincha Tannery effluent located in the Ambato Canton of Tungurahua Province. The inlet and outlet waste water of the filter media was evaluated considering the physical-chemical analysis the following parameters: Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD) and Hexavalent Chromium.

The monitoring of the filter was developed in a time of 90 days, the samples were taken every 10 and 15 days, taking the sample every Thursday that the tanning water is received, thus taking 9 samples of filtered water and 1 sample. of raw water taken initially. The analyzes of the samples were carried out in Lacquanálisis S.A.

With the results of the analyzes carried out, the efficiency of the biofilter was verified by comparing the raw water sample with each of the filtered water samples, and determining if the samples meet the permissible limits established by the TULSMA.

Once the results were analyzed, it was determined that the gravel fulfills the function as filtering material and if it reduced the levels of contamination, reaching efficiency values of 98.5% in Hexavalent Chromium, 94.2% in DQO and 95.6% in DBO5.





# CAPÍTULO I

## Antecedentes

### 1.1 Tema de investigación

“Análisis de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre Quisapincha de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato”.

### 1.2 Antecedentes

En los últimos años mediante proyectos experimentales se han realizado investigaciones de filtros con diferentes tipos de materiales para aguas residuales provenientes de industrias, con la única finalidad de construir un filtro que cumpla con las expectativas de obtener un efluente libre de metales contaminantes para poder reutilizarlos en los mismos procesos industriales y que a la vez ayude a mejorar la calidad ambiental y de vida de las personas.

En base a investigaciones realizadas se pudo obtener información importante y relevante acerca del análisis de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de Curtiembres que nos encaminará y nos dará la pauta hacia los objetivos planteados.

El sistema de biofiltros es una alternativa económica y eficiente para el tratamiento de aguas residuales. El biofiltro consta en utilizar varias capas de lechos filtrantes que pueden ser materiales convencionales como por ejemplo arena y grava y también materiales no convencionales como por ejemplo cáscaras de arroz, ladrillo triturado, fréjol triturado, cáscara de naranja, entre otros.

El objetivo de la utilización de un biofiltro es la disminución de los niveles de contaminación conjuntamente con la carga orgánica.

En la actualidad se han utilizado y construido nuevos filtros de flujo horizontal y vertical de grava en paralelo. A partir de la utilización del biofiltro se ha realizado muestreos durante un período de 10 días y los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos han demostrado que reducen de un 60% hasta un 90% en carga

orgánica, por lo tanto se ve como un proyecto viable y factible para varias comunidades.[1]

A nivel de nuestro país y posteriormente en nuestra provincia una de las actividades más importantes es la industria de la curtiembre. El proceso de una curtiembre genera un alto grado de contaminación ambiental, la descarga se lo hace por medio del efluente que va al alcantarillado por lo tanto el agua es el mayor afectado ya que contiene grandes niveles de concentración de materia orgánica, sólidos suspendidos, cromo y elementos tóxicos que ponen en riesgo la integridad del ambiente y la salud de las personas. [2]

Un tratamiento de agua consta de tres pasos básicos.

**a. Filtro dinámico**

Consiste en que el agua fluya por piedras de diferentes tamaños con el objetivo de atrapar los sólidos con los que viene el agua residual cumpliendo con la tarea de “barrer”.

**b. Purificación del agua**

Consiste en una filtración gruesa haciendo pasar el agua por piedras de diferentes tamaños cumpliendo la tarea de “colar” el agua las cuales retienen más partículas.

**c. Filtración lenta en arena**

Consiste en introducir un cajón de arena sostenido por una piedra fina. Esta filtración tiene un mejor efecto debido a que el agregado es fino posteriormente la implementación de unos tubos al final del filtro ayudan con la recolección del agua residual ya filtrada. [3]

En Latinoamérica acerca de la evaluación de la calidad del agua se ha considerado que se da específicamente a la contaminación orgánica y de organismos patógenos. Lamentablemente el control de la calidad del recurso hídrico es muy restringido debido a los altos costos de métodos, técnicas y experimentos que se requieren para evaluarlo.

Una de las herramientas importantes para el control de la contaminación hídrica es el ensayo de toxicidad con organismos acuáticos y se basan en el uso de parámetros biológicos.

Generalmente en descargas de aguas residuales se realizan los bioensayos los mismos que ayudan a evaluar los efectos tóxicos de mezclas complejas.

Daphnia es una de las pruebas más comunes de toxicidad tiene muchas ventajas, tales como una alta sensibilidad y ciclo reproductivo corto.

Principalmente en la industria de la Curtiembre se generan sustancias altamente tóxicas cómo: cromo, sulfuros, metales pesados que afectan a la población y a la biota acuática.[4]

Dentro de todas las industrias las curtiembres son las que más generan contaminación descargando volúmenes altos de cromo.

En el proceso de curtido el cromo es el principal agente utilizado. La problemática se basa en que no se fijan en la utilización alta de sales de cromo en el curtido de pieles y finalmente se descarga al ambiente por medio del agua residual causando efectos tóxicos a la población y al medio ambiente.

Los nuevos experimentos e investigaciones realizadas han determinado que si se puede eliminar la presencia de cromo y de otros metales pesados pero producen sistemáticamente residuos sólidos más conocidos como lodos que su disposición final es difícil debido a que su almacenaje tiene costos muy elevados para la industria y no se los realizan.[5]

### 1.3 Justificación

Actualmente, una de las mayores necesidades de la población mundial es la disponibilidad de agua potable. La filtración biológica representa una opción diferente a los procesos fisicoquímicos. En el proceso de la biofiltración el objetivo es la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, que no han sido retenidos. La biofiltración puede efectuarse en medios porosos o en medios granulares como la arena o la grava, entre otros. [6]

En el mundo desarrollado, la regulación ha restringido el vertido de contaminantes a la industria y a los procesos agrícolas en los lagos, arroyos y ríos. En los países desarrollados, el 70 por ciento de los desperdicios industriales se vierten a las aguas sin ser tratados, contaminando el suministro de agua potable. [7]. Las distintas aguas residuales generadas en las industrias de curtido son el resultado de la utilización del agua para distintos fines, por lo que pueden presentar características muy diferentes. Como consecuencia de este uso, el agua recoge materias en suspensión y disueltas que alteran sus propiedades. [8]

Las tecnologías normalmente usadas para tratar éste tipo de descargas, satisfacen en términos generales la eliminación del cromo y otros metales pesados que contienen compuestos tóxicos cuya disposición final es difícil para la industria y causan costos elevados relacionados con su almacenaje. [5]. Según el estudio "Control de la calidad ambiental y la planificación urbana de Ambato", solo las curtiembres la Cámara de Industrias de Tungurahua registra el 65% del total de aguas contaminadas que emiten las principales industrias de la ciudad. [9]

La grava además de tener buena permeabilidad es efectiva para el tratamiento de las aguas grises, debido a que su porosidad permite que los microorganismos que degradan la materia orgánica se adhieran a su superficie. Esta permeabilidad está relacionada con el grado de porosidad de los materiales. Los criterios para seleccionar el material del lecho filtrante, son la granulometría, la porosidad, la permeabilidad y la resistencia. [10]. La importancia de realizar este proyecto experimental es dar a conocer que existen varias maneras de realizar un tratamiento de aguas residuales con diferentes tipos de materiales filtrantes y porosos. El objetivo es reducir ampliamente el grado de contaminación existente en nuestra provincia debido a las grandes industrias que afectan a la colectividad y a la calidad de vida de todos los ciudadanos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Analizar la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato para la disminución de los niveles de contaminación.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO<sub>5</sub> y DQO) y cromo de las aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si la grava puede ser utilizada como filtro para aguas residuales en la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua del cantón Ambato.

# CAPÍTULO II

## Fundamentación

### 2.1 Fundamentación teórica

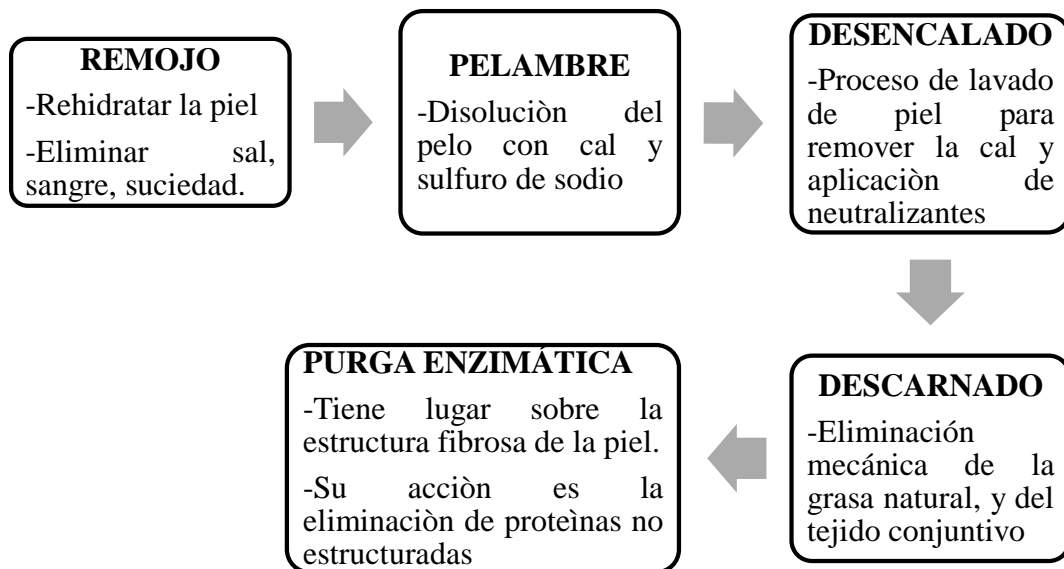
#### 2.1.1 Curtido

El curtido es el proceso químico mediante el cual se convierten los pellejos de animales en cuero. Las sustancias usadas generalmente para llevar a cabo el proceso de curtido son cromo, y los extractos de la corteza de los árboles (taninos). Estos agentes de curtido dan origen a dos tipos predominantes de operaciones de curtido: con cromo o curtido vegetal. [11]

#### 2.1.2 Proceso de producción

##### a. Ribera

En esta etapa el cuero es preparado para ser curtido, en ella es limpiado y acondicionado asegurándole un correcto grado de humedad.



**Figura 1.** Proceso de Ribera

**Fuente.** Comisión Nacional del Medio Ambiente, Guía para el control y prevención de la contaminación industrial

**Realizado por:** Kelly Punguil

## b. Piquelado

Comprende la preparación química de la piel para el proceso de curtido, mediante la utilización de ácido fórmico y sulfúrico principalmente, que hacen un aporte de protones, los que se enlazan con el grupo carboxílico, permitiendo la difusión del curtiente hacia el interior de la piel sin que se fije en las capas externas del colágeno.

## c. Curtido

El curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone al cuero, usando productos químicos naturales o sintéticos. Una variedad de productos químicos son usados, siendo el cromo el más importante.

## d. Procesos mecánicos de post-curtición

A continuación del curtido, se efectúan ciertas operaciones mecánicas que propenden a dar un espesor específico y homogéneo al cuero. Estas operaciones son:



**Figura 2.** Procesos mecánicos de post-curtición

**Fuente.** Comisión Nacional del Medio Ambiente, Guía para el control y prevención de la contaminación industrial

**Realizado por:** Kelly Punguil

## e. Proceso húmedo de post-curtición

Esto consiste en un reprocesamiento del colágeno ya estabilizado, tendiente a modificar sus propiedades para adecuarlas a artículos determinados. Este objetivo se logra agregando otros curtientes en combinación o no con cromo. En este grupo de procesos se involucra el neutralizado, recurtido, teñido y engrasado del cuero.[12]



## f. Secado y terminación

Los cueros, una vez recurtidos, son desaguados y retenidos para eliminar el exceso de humedad, además son estirados y preparados para luego secarlos. El proceso final incluye el tratamiento mecánico del lado flor y el descarte, seguido de la aplicación de las capas de terminación. La terminación consiste en anilinas o pigmentos dispersos en un binder, típicamente caseína o polímeros acrílicos o poliuretánicos.[13]

**Tabla 1.** Operaciones del proceso de curtiembre, composición de los efluentes y algunas

	<b>Operación</b>	<b>Ph</b>	<b>Composición del efluente</b>
<b>PROCESO DE RIVERA</b>	Remojo	Neutro, ligeramente ácido o alcalino	estércol, suero de sangre, NaCl, CaCO <sub>3</sub> , proteínas solubles, naftalina, tensoactivos y otros perseverantes, plaguicidas.
	Pelambre y calero	12-14	pelo, grasas, proteína, queratina, sulfuros y cal, alto contenido de sólidos suspendidos.
	Desencalado y rendido	7-8	sales cálcicas solubles, pigmentos, proteínas solubles, alto contenido de nitrógeno por sales amoniacales.
	Piquelado	1-3	NaCl, ácidos, biocidas
	Desengrase	3-4	disolventes, emulsionantes, altas concentraciones salinas, grasa.
	<b>PROCESO DE CURTIDO</b>	Curtición al cromo	3-4
Curtido vegetal y sintético		3-5	tanino pirocatequínicos y pirogálicos, fenoles y polifenoles, sales neutras y fibras de cuero
Curtición con aceites y alternativos		10	aceites oxidados, sales de aluminio, de circonio, de titanio, formaldehído, aceite de bacalao (para gamuza) y glutaraldehídos.
<b>ACABADOS</b>	Neutralizado	5-6	sales neutras y de cromo
	Recurtición tintura y engrase	4-5	grasas emulsificadas, colorantes, sales neutras y recurtientes (de todo tipo)

**Fuente.** E. Esparza and N. Gamboa, "Contaminación debida a la industria curtiembre," Rev. Química, vol. 15, no. 1, pp. 41-63, 2013. [14]

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 2.1.3 Agua residual

Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.[15]

#### 2.1.3.1 Clasificación de las aguas residuales

- a. **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa.
- b. **Aguas blancas:** pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos.
- c. **Aguas residuales industriales:** proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal.
- d. **Aguas residuales agrícolas:** procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo. [16]

#### 2.1.3.2 Características del agua residual

##### 2.1.3.2.1 Características físicas

##### a. **Temperatura**

Suele ser superior a la del agua de consumo, por el aporte de agua caliente procedente de las tareas domésticas e industriales. Oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor medio de 15 °C, aproximadamente.

##### b. **Turbidez**

Se debe a la cantidad de materias en suspensión que hay en las aguas residuales (limo, materia orgánica y microorganismos).

##### c. **Color**

Suele ser gris o pardo, pero debido a los procesos biológicos anóxicos el color puede pasar a ser negro.

##### d. **Olor**

Existen dos tipos uno el que es inofensivo que no muestra ningún olor desagradable y otro el cual su olor es intolerable debido a la descomposición biológica de las aguas residuales.

**e. Sólidos**

La cantidad de sólidos suele ser muy pequeña menor al 0,1% del agua residual, en donde podemos encontrar sólidos orgánicos e inorgánicos y estos a su vez pueden ser suspendidos o disueltos.

**2.1.3.2.2 Características químicas**

**a Grasas y aceites**

Representan entre el 10 % de la materia orgánica. Las grasas son descompuestas más lentamente por las bacterias. Debido a que son menos densas que el agua flotan, la degradación es más lenta y se desprenden gases que causan malos olores.

**b Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5):**

Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Esta prueba se realiza durante 5 ó 3 días a 20 °C por lo que se expresa como DBO ó DBO5, respectivamente.[14]

**c Demanda química de oxígeno (DQO)**

Mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato potásico o el dicromato potásico. Este parámetro no puede ser menor que la DBO, ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica.

**d pH**

La actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. [16]

**e Cromo**

Los compuestos de cromo (VI), que son fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes y corrosivos; también son considerablemente más tóxicos que los compuestos de cromo (III) si la dosis y la solubilidad son similares. Se ha postulado que esta diferencia en la toxicidad puede estar relacionada con la facilidad con la que el cromo (VI) atraviesa las membranas celulares

y con su subsecuente reducción intracelular e intermediarios reactivos.[5][17][18]

#### f Metales pesados

Algunos de los siguientes se pueden encontrar en las aguas residuales confiriéndoles un carácter tóxico: cobre, cromo, boro, plata, arsénico, antimonio (efecto cancerígeno), bario, flúor y selenio. [16][4][19]

De acuerdo a la ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA nos presenta los límites permisibles con los que nos manejaremos en el presente proyecto.

**Tabla 2.** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Solubles en hexano	mg/l	70
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	0,5
<b>Cromo Hexavalente</b>	$Cr_{+6}$	mg/l	0,5
<b>Demanda Química de Oxígeno (5 días)</b>	$DBO_5$	mg/l	250
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/l	500
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0,5
<b>Sólidos Sedimentables</b>		ml/l	20
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>		mg/l	220
<b>Sólidos Totales</b>		mg/l	1600
<b>Sulfatos</b>	$SO_2$	mg/l	400
<b>Sulfuros</b>	S	mg/l	1
<b>Temperatura</b>	C		<40,0
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2

**Fuente.** MINAM, “Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua,” TULAS Texto unificado Legis. Secund. del Minist. del Ambient., pp. 8–9, 2011.

**Realizado por:** Kelly Punguil

## 2.1.4 Tratamiento de aguas residuales

### 2.1.4.1 Tratamiento preliminar

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento.[20]

Tabla 3. Objetivo de los procesos de pretratamiento

Proceso	Objetivo
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preareación	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

**Fuente.** A. A. C. Villanueva et al., “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales,” Univ. Politec. Cataluña, vol. 1, no. 3, pp. 39–51, 2013.

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 2.1.4.2 Tratamiento primario

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante, es capaz de remover una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos.

### 2.1.4.3 Tratamiento secundario

Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

**Tabla 4.** Tipos de tratamientos secundarios.

<b>Filtración biológica</b>	Baja capacidad	filtros clásicos
	Alta capacidad	Filtros comunes, Biofiltros, Aero-filtros, Accelo-filtros
<b>Lodos activados</b>	Convencional, Alta capacidad, Contacto estabilización, Aeración prolongada	
<b>Lagunas</b>	Estabilización	Aerobia, Facultativa, Maduración
	Aerada	Mezcla completa, Aerada facultativa, Facultativa con aeración, Difusión de aire
<b>Otros</b>	Anaeróbicos	Contacto, Filtro anaerobio, Reactor anaeróbico de flujo ascendente
	Oxígeno puro	Unox/linde
	Discos rotatorios	

**Fuente.** A. A. C. Villanueva et al., “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales,” Univ. Politec. Cataluña, vol. 1, no. 3, pp. 39–51, 2013.

**Realizado por:** Kelly Punguil

#### 2.1.4.4 Tratamiento avanzado o terciario

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc.[21]

#### 2.4.1 Grava o agregado grueso

El tamaño mínimo será de 4,5 mm, el agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como lo es por lavado.

Tiene una resistencia que está relacionada directamente con su dureza, densidad y módulo de elasticidad.

Lo forma aquellas partículas comprendidas entre los 4.5mm y los 15 cm de diámetro; es aquel material que se retiene en el tamiz # 4 de la A.S.T.M. (abertura = 4.75 mm).

El mismo que consta de grava, grava triturada, piedra triturada o una mezcla de éstas, siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en la Norma INEN 872

De acuerdo a la NTE INEN 2 149:98 las gravas utilizadas como lechos de soporte deben cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente tabla. [22]

**Tabla 5.** Requisitos que deben cumplir las gravas utilizadas como lecho de soporte

REQUISITO	UNIDAD	VALOR		MÉTODO DE ENSAYO
		MIN	MAX	
<b>Gravedad específica</b>		2,5		ASTM C127
<b>Determinación de la forma:</b>				Numeral 7,1
<b>Superficie fracturada</b>	% m/m		25	
<b>Forma alargada o aplanada</b>	% m/m		2	
<b>Contenido de impurezas:</b>				
<b>Arcilla, esquisto, materia orgánica</b>	% m/m		1	ASTM C 117
<b>Carbón mineral, lignito y otras impurezas orgánicas como raíces y ramas</b>	% m/m		0,5	ASTM C 123
<b>Solubilidad en ácido:</b>				Numeral 7,3
<b>Tamaño menor INEN 2,36 mm</b>	% m/m		5	
<b>Tamaño entre INEN 2,36 mm e INEN 26,5 mm</b>	% m/m		17,5	
<b>Tamaño mayor INEN 26,5 mm</b>	% m/m		25	
<b>Dureza en la escala de Mohs</b>		7,0		

**Fuente.** Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 149:98, vol. 1. 1998.

**Realizado por:** Kelly Punguil

## 2.1.6 La biofiltración

La biofiltración consiste en la separación de partículas y microorganismos presentes en el agua, que no han sido retenidos permitiendo la depuración de aguas residuales de tipo industrial, doméstico, ganadero, textil, entre otros.

### 2.1.6.1 Mecanismos de la filtración

La filtración usualmente es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos pero complementarios: transporte y adherencia.

### 2.1.6.2 Mecanismos de transporte

En la figura se puede observar cómo simultáneamente pueden actuar varias causas para aproximar el material suspendido hasta los granos del medio filtrante. Es interesante destacar que estas causas varían si la filtración se produce en las capas superficiales o en la profundidad del medio filtrante. En el primer caso, la acción física de cernido es el factor dominante, mientras que en el segundo caso es el de menor importancia. [23]

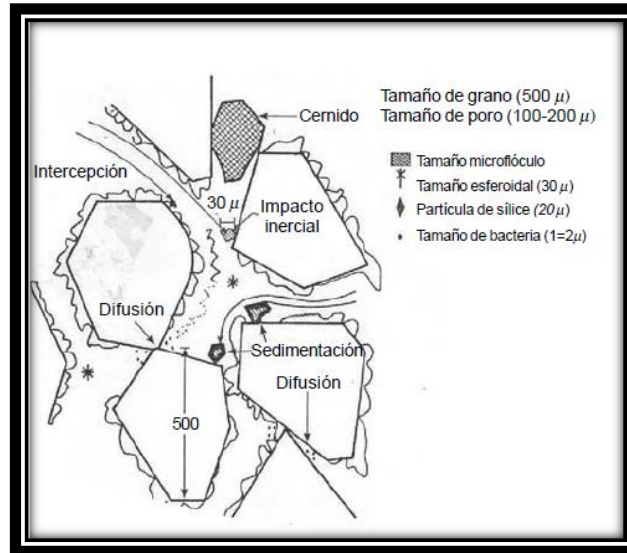


Imagen 1. Mecanismos de Transporte

### 2.1.6.3 Mecanismos de adherencia

La adherencia se atribuye a dos tipos de fenómenos: interacción entre las fuerzas eléctricas y las de Van der Waals y al enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos de un material intermediario.

#### 2.1.6.3.1 Interacción combinada entre las fuerzas eléctricas y las de Van der Waals

Este mecanismo es el principal responsable de la adhesión de las partículas al material filtrante; el cual tiene una fuerza de adhesión activa que se encuentra desde la superficie del material a una distancia mínima, hallándose un volumen alrededor de cada material filtrante (grano) denominado espacio de adhesión; donde las partículas suspendidas serán atraídas a esta zona para adherirse a la superficie del material filtrando y así logrando removerlas del agua



#### **2.1.6.3.2 Enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos de un material intermediario**

Las cadenas poliméricas adheridas a las partículas dejan sus segmentos extendidos en el agua, los que pueden ser adsorbidos por otras partículas o por sitios vacantes en los granos del filtro. Este fenómeno es independiente de las fuerzas de Van der Waals y de las cargas electrostáticas.

El uso de ayudantes de filtración o polielectrolitos inyectados en el afluente al filtro puede, por eso, ser de gran utilidad para aumentar la adhesión de la materia suspendida al medio filtrante.

## **2.2 Hipótesis**

### **2.2.1 Hipótesis Nula**

La utilización de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato permitirá reducir los niveles de contaminación.

### **2.2.2 Hipótesis Alterna**

La utilización de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha” de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato no permitirá reducir los niveles de contaminación.

## **2.3 Señalamiento de variables**

### **2.3.1 Variable independiente**

Utilización de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha”

### **2.3.2 Variable dependiente**

Modificación de niveles de contaminación del agua residual

### 3. CAPÍTULO III

#### Metodología

##### 3.1 Nivel o tipo de Investigación

Para el desarrollo del presente proyecto se requiere los siguientes tipos de investigación

###### **a Investigación Exploratoria**

Se va a desarrollar este tipo de investigación debido a que el material del filtro a usar no es usual que se utilice como filtro para el agua residual de una curtiembre de esta manera vamos a determinar mediante la investigación exploratoria la eficiencia de la grava como material para filtro ya que este tipo de experimentos no se los ha realizado y carece de información.

###### **b Investigación de Laboratorio**

Será una investigación de laboratorio debido a que el agua residual requiere de análisis de laboratorio cada cierto tiempo para poder determinar si mediante la utilización del filtro cumplimos con los límites permisibles de acuerdo a las normas especificadas.

###### **c Investigación Experimental**

Se va a realizar una investigación experimental debido a que se va a tomar muestras del agua ya filtrada y observar simultáneamente el cambio que se va ir dando con el sistema de filtración y a la vez evaluando la eficiencia del material filtrante utilizado y complementando información para proyectos futuros.

## 3.2 Población y Muestra

### 3.2.1 Población

La población que se consideró es el agua residual que depende del gasto en función al tiempo

$$\text{VAR} = \frac{x}{t}$$

Dónde:

VAR= Volumen del agua residual

X = Cantidad del agua residual, depende directamente del tiempo

T= tiempo

$$\text{VAR} = 7840 \text{ lt/sem}$$

$$T = 12.86 \text{ sem}$$

$$\text{VAR} = 100822.4 \text{ lt}$$

$$\text{VAR} = 100.82 \text{ m}^3$$

### 3.2.2 Muestra

La muestra que se consideró es el subconjunto fielmente representativo de la población

Datos:

El proyecto se desarrollará 90 días = 3 meses = 12semanas

40 galones \* 6 días = 240 gl/día \* 12 = 2880 gl/mes

La muestra es: 960 galones por mes.

NOTA: La capacidad del tanque es de 55 galones, pero para garantizar que el filtro no deje de funcionar se asegurará mantener el efluente en un 1/3 del volumen del tanque, por lo que, los 2/3 de los 55 galones es aproximadamente 40 galones, y esto corresponden al volumen diario de agua residual que debe filtrarse.

### 3.3 Operacionalización de Variables.

#### 3.3.1 Variable Independiente

Utilización de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre “Quisapincha”

<u>CONTEXTUALIZACIÓN</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>ITEMS</u>	<u>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</u>
La utilización de la grava como <b>medio filtrante</b> es una nueva alternativa no convencional, la cual consiste en hacer pasar el agua residual proveniente de una curtiembre por medio de un filtro realizando una separación de sólidos y la <b>depuración del agua</b>	Utilización de la grava como filtro  Depuración del agua	Medio filtrante  Columna filtrante  Separación de sólidos	¿Cuál es la efectividad del medio filtrante?  ¿Cómo es el sistema de una columna filtrante?  ¿Cómo es el funcionamiento de la separación de sólidos	Ensayos de laboratorio y análisis físicos químicos del agua.  Observación de campo  Observación de campo

**Tabla 6.** Operacionalización de la variable Independiente

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 3.3.2 Variable Dependiente

Modificación de niveles de contaminación del agua residual

<u><i>CONTEXTUALIZACIÓN</i></u>	<u><i>DIMENSIONES</i></u>	<u><i>INDICADORES</i></u>	<u><i>ITEMS</i></u>	<u><i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</i></u>
La modificación de los niveles de contaminación del agua residual se va a lograr mediante la correcta <b>granulometría de grava</b> que retenga a los sólidos y de esta manera cumplir con los <b>parámetros</b> fijados.	Granulometría de la grava.  Parámetros.	Agregado grueso  DBO <sub>5</sub>  DQO  CROMO	¿Hasta qué número de tamiz deberá pasar el agregado grueso?  ¿Cuál es el límite permisible de DBO <sub>5</sub> para una curtiembre?  ¿Cuál es el límite permisible de DQO para una curtiembre?  ¿Cuál es el límite permisible de DBO <sub>5</sub> para una curtiembre?	Ensayos de laboratorio. Observación de campo.  Análisis físico-químico del agua. Norma TULSMA.  Análisis físico-químico del agua. Norma TULSMA.  Análisis físico-químico del agua. Norma TULSMA.

**Tabla 7.** Operacionalización de la variable Dependiente

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 3.4 Plan de recolección de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Analizar la efectividad de la grava como material filtrante del agua residual proveniente de la curtiembre “Quisapincha”
2. ¿De qué personas u objetos?	Agua residual proveniente de la curtiembre “Quisapincha”
3. ¿Sobre qué aspectos?	Propiedades físico-química del agua residual provenientes del lavado de Jeans (DQO, DBO5, Cromo).
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Egr. Kelly Giomara Punguil Narváz</li> <li>• Ing. Geovanny Paredes, Msc</li> </ul>
5. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.</li> <li>• Lacquanálisis S.A.</li> <li>• Laboratorios de Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA)</li> </ul>
6. ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis físicos y químicos (DBO, DQO5, Cromo).</li> <li>• Investigación Bibliográfica</li> <li>• Normas TULSMA, INEN</li> </ul>

**Tabla 8.** Plan de recolección de información

**Realizado por:** Kelly Punguil

### **3.5 Plan procesamiento y análisis.**

- Elaboración de una encuesta para determinar los días de descarga de la curtiembre, para poder realizar el muestreo de una manera más adecuada.
- Recolección de una muestra de agua residual cruda para determinar los parámetros de agua residual antes de la biofiltración, así poder realizar el análisis.
- Recolección del agua residual todos los días de descarga a la misma hora y se incorporará en nuestro tanque para que posteriormente se filtre.
- Después del biofiltrado se tomará una muestra de 1 litro para que se pueda realizar el análisis físico-químico.
- Tabulación de los resultados obtenidos en los análisis físicos-químicos
- Representación mediante gráficos estadísticos de los análisis físicos – químicos.
- Interpretación de resultados obtenidos de todos los análisis realizados.
- Comprobación de la hipótesis planteada.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

#### **3.5.1 Diseño del filtro**

##### **3.5.1.1 Referencias para el modelo del filtro**

El parámetro que se ha tomado para el diseño del filtro es el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) que es utilizado en el diseño de Filtros Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaerobios convencionales.

Los valores recomendados por el TULSMA del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) para el diseño de filtros considera dos casos especiales:

- Cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante.

TRH= 0.5 días = 12 horas

Características del material cómo:

- Porosidad
- Volumen de vacíos
- Granulometría, etc.



- Cuando se considera que el material se encuentra empacado.  
TRH=5.25 días. Se omiten las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al conformar el filtro realizando una granulometría. [24]

$$\text{ECUACIÓN 1 } TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}} = 333.33 \text{ min} = \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} =$$

$$= 5.55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

Se ha elegido el Tiempo de residencia hidráulica de un caudal promedio de 5 a 10 para un filtro FAFA.

Se ha asumido un volumen de medio filtrante de 35 lt por facilidad constructiva, para poder reducir la mayor cantidad de vacíos se tomó como referencia un TRH de un medio filtrante empacado que se ha citado anteriormente.

Dónde:

TRH= Se ha tomado el valor de la ecuación 1= 5.5 horas.

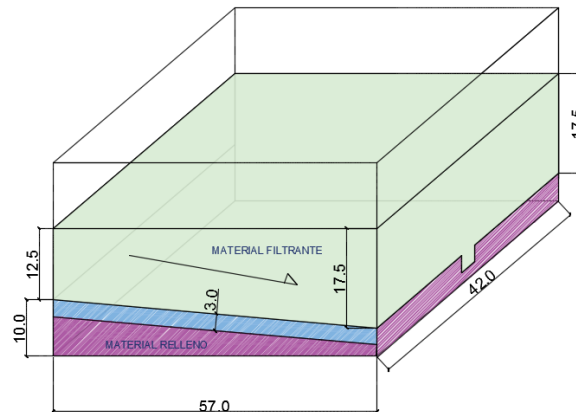
$$Q = 6.30 \text{ lt/h} = 0.105 \text{ lt/min}$$

Se ha tomado valores de TRH alrededor de 5 horas, que están en un rango inferior de los recomendados para simular condiciones más críticas durante el funcionamiento del filtro y ver cuál es su eficiencia.

### 3.5.1.2 Dimensiones del filtro

#### Medidas del medio filtrante

Imagen 2. Medidas del Medio Filtrante



Realizado por: Kelly Punguil

Escogemos el trapecio lateral dónde:

$A_T =$  Área del trapecio

$V_T =$  Volumen del trapecio

$B =$  Base = 57 cm

$L_1 =$  Lado mayor = 17.5 cm

$L_2 =$  Lado menor = 12.5 cm

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

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

En el filtro se ha asumido un volumen de 35 lt como valor mínimo.

Debido a que se va analizar el material filtrante mas no el diseño del filtro por facilidades constructivas se ha asumido las medidas comerciales de un “Guarda Móvil Grande” marca PIKA con dimensiones: 57 cm \* 42cm \*34 cm.

**Imagen 3.**Guarda Móvil



**Realizado por:** Kelly Punguil

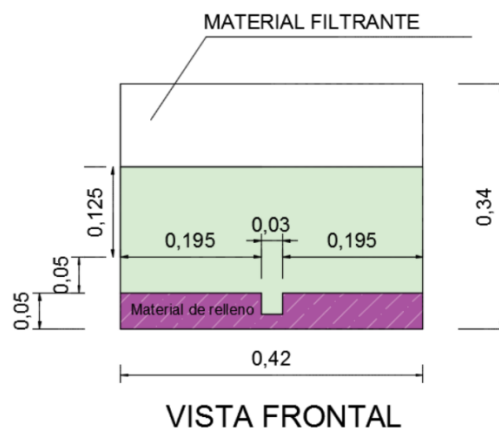
Se ha dividido el Guarda Móvil en dos partes:

- Material filtrante a analizar
- Material de soporte utilizado como relleno sin contacto con el material.

Estas dos capas se encuentran divididas por una bandeja de recolección de acero inoxidable y sirve como un sistema de recolección del agua filtrada.

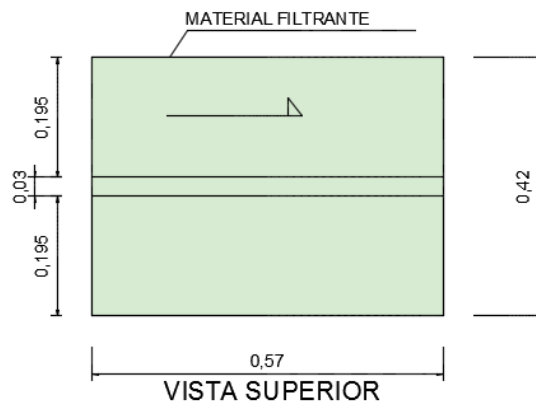
### 3.5.1.3 Especificaciones

**Imagen 4.** Vista Frontal del Filtro



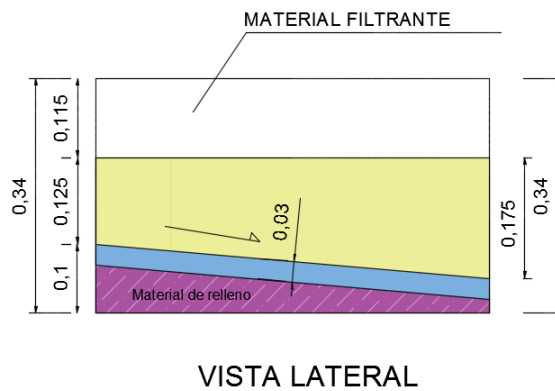
**Realizado por:** Kelly Punguil

**Imagen 5. Vista Superior del Filtro**



**Realizado por:** Kelly Punguil

**Imagen 6. Vista Lateral del Filtro**



**Realizado por:** Kelly Punguil

## **TANQUE DE ABASTECIMIENTO-HOMOGENEIZACIÓN**

El volumen del tanque de abastecimiento ha sido dimensionado de manera que pueda almacenar el volumen y el caudal calculado en el literal anterior durante 24 horas.

Además es necesario preveer un caudal adicional que sirva como factor de seguridad con el objetivo que el funcionamiento del filtro sea continuo.

**Imagen 7.** Tanque de Abastecimiento



**Realizado por:** Kelly Punguil

**Caudal en 1 día-24 horas**

$$Q= 40 \frac{\text{gal}}{\text{día}}$$

Se suma los 15 galones del factor de seguridad para que al menos el 1/3 del tanque se mantenga lleno y el filtro no deje de funcionar.

$$V_{TANQUE} = 55 \text{ galones}$$

### 3.5.2 Información industrial

#### 3.5.2.1 Ubicación del lugar de estudio

La “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” está ubicada en la provincia de Tungurahua Cantón Ambato Parroquia Quisapincha Av. Circunvalación Alonso Palacios y Cóndor

**Imagen 8.** Localización del lugar



**Fuente 1.** Google Maps

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Imagen 9.** Curtiembre QUISAPINCHA



**Realizado por:** Kelly Punguil

### 3.5.2.2 Caracterización del lugar

La curtiembre tiene como finalidad la producción y comercialización de cuero terminado y todo producto que sea a fin al cuero.

➤ **Cifra de cueros producidos.**

Para estimar la cifra de cueros producidos en la curtiembre Quisapincha se obtuvo la siguiente información que fue recolectada en 4 semanas.

**Tabla 9.** Cifra de cueros producidos

<b>SEMANAS</b>	<b>NÚMERO DE CUEROS</b>
14 SEPTIEMBRE-21 SEPTIEMBRE	850
21 SEPTIEMBRE-28 SEPTIEMBRE	800
28 SEPTIEMBRE-5 OCTUBRE	800
5 OCTUBRE-12 OCTUBRE	850
<b>TOTAL</b>	<b>3300</b>

**Fuente 2.** Curtiembre QUISAPINCHA

**Realizado por:** Kelly Punguil

Tenemos un promedio de 3300 cueros mensualmente.

➤ **Detalle de Químicos**

**Tabla 10.** Detalle de Químicos

<b>PROCESO</b>	<b>QUÍMICOS</b>
Pelambre	Cal
	Sulfuro
	Enzimas
Curtido	Sal
	Cromo
	Sulfato de Amonio
	Metabisulfito de sodio
	Ácido fórmico
Teñido	Grasa vegetal
	Anilina vegetal

**Fuente 3.** Curtiembre QUISAPINCHA

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 3.5.2.3 Materiales para realizar el filtro

➤ Grava

El material se obtuvo de la mina Cumochi la bondad en el Sector de las Viñas ciudad de Ambato. Es un material utilizado en la preparación de Concreto.

### 3.5.2.4 Tratamiento previo del material filtrante.

➤ Grava [25]

**Tabla 11.** Tamaño del Material Filtrante

MATERIAL	TAMAÑO (mm)	PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ
Grava	4.75	3/8	#4

Fuente 4. NORMA INEN 696

Realizado por: Kelly Punguil

**Imagen 10.** Granulometría del Material Filtrante



Realizado por: Kelly Punguil

### 3.5.2.5 Elaboración y funcionamiento del filtro

La estructura del filtro está dividida en dos partes:

- La primera parte es un tanque de 55 galones en donde se va almacenar el agua residual de la curtiembre.



- La segunda parte es el guarda móvil grande marca PIKA con dimensiones de 57 cm x 42 cm x 34 cm el mismo que va a contener el material filtrante (grava).

### 3.5.2.6 Partes del filtro

- ❖ Tanque plastigama de 55 galones
- ❖ Guarda móvil grande marca PIKA (57 cm x 42 cm x 34 cm)
- ❖ Bandeja de recolección de acero inoxidable
- ❖ Tubo de ½”
- ❖ Manguera 8m
- ❖ Tée ½”
- ❖ Codo 90° ½”
- ❖ Tapón ½” (2)
- ❖ Sikaflex
- ❖ Teflón
- ❖ Válvula media vuelta PVC ½”
- ❖ Neplo ½” 15cm
- ❖ Adaptador tanque de reserva ½” (2)
- ❖ Chova 10cm x 10 cm (3)
- ❖ Permatex
- ❖ Grava
- ❖ Malla
- ❖ Soportes de madera

#### a) Primera Parte

Consta de una estructura metálica que soporta el tanque elevado que almacena el agua residual que tiene una capacidad de 55 galones proveniente de la curtiembre “QUISAPINCHA”

#### b) Segunda Parte

Por medio del tubo por gravedad se puede distribuir el agua hacia el guarda móvil plástico que contiene la grava, y se podrá recolectar el agua ya filtrada a través de la bandeja de recolección para los análisis posteriores.

### 3.1.1 Costo del filtro

Tabla 12. Costo del Filtro

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tanque de 55 gal	1	20	20
Guarda Mòvil 57x42x34	1	18.2	18.2
Tubo 1/2"	1	4.46	4.46
Tapòn plastigama hembra	2	0.44	0.88
Teflòn	1	0.85	0.85
Vàlvula media vuelta PVC	1	1.12	1.12
Neplo 1/2" 15 cm	1	0.49	0.49
Codo 1/2" 90	1	0.43	0.43
Adaptador tanq reserva 1/2"	2	2.5	5
Sikaflex	1	9.38	9.38
Chova 10 cm x 10 cm	3	1.2	3.6
Permatex	1	1.883	1.883
Manguera	8	0.8	6.4
Estructura de metal	1	60	60
Bandeja recolectora	1	20	20
Tee	1	0.42	0.42
Grava	0	0	0
Malla	1	2.5	2.5
Soportes de madera	4	5	20
		<b>TOTAL</b>	<b>175.613</b>

Realizado por: Kelly Punguil

## CAPÍTULO IV

### Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1 Recolección de datos

##### 4.1.1 Cálculo del caudal de agua potable

El cálculo del caudal de la curtiembre Quisapincha se lo realizó aplicando los siguientes métodos debido a que la industria carece de medidor. El agua de consumo es bombeada desde una quebrada adyacente a la Curtiembre, llega a un desarenador y desde allí es conducida mediante canales subterráneos al tanque de consumo. La medición del caudal de agua potable fue dificultoso realizarlo debido a que el tanque tiene una tapa sellada y se ha propuesto las siguientes alternativas:

- Mediante un aforo se conoció el caudal antes de ingresar al desarenador y el tiempo que la bomba permanece prendida.
- Midiendo el volumen del tanque

**Tabla 13.** Aforo de Agua Potable

<b>Caudal Promedio de Funcionamiento para la Bomba</b>		
<b>Volumen del recipiente de aforo: 20lt</b>		
<b>Tiempo de rebose del recipiente</b>	<b>Caudal lt/seg</b>	
Tiempo 1	3.2 seg	6.25
Tiempo 2	2.7 seg	7.40
Tiempo 3	2.9 seg	6.90
Tiempo 4	2.8 seg	7.14
Tiempo 5	3.0 seg	6.66
Tiempo 6	3.2 seg	6.25
Tiempo 7	3.3 seg	6.06
<b>Promedio Caudal</b>		<b>6.66</b>

**Fuente 5.** Curtiembre Quisapincha

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Tabla 14.** Caudal de Agua Potable

<b>Día de control</b>	<b>Hora Inicio</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Tiempo que permanece encendida (minutos)</b>	<b>Volumen Ingresado (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Lunes 25 de Septiembre</b>	5:15 am	5:57 am	52	20.77
<b>Martes 26 de Septiembre</b>	5:17 am	5:55 am	38	15.18
<b>Miércoles 27 de Septiembre</b>	5:05 am	5:52 am	47	18.78
<b>Jueves 28 de Septiembre</b>	5:32 am	6:10 am	38	15.18
<b>Viernes 29 de Septiembre</b>	5:12 am	5:48 am	36	14.38
<b>Sábado 30 de Septiembre</b>	5:05 am	6:12 am	67	26.77
<b>Domingo 01 de Octubre</b>	-	-	0	0
				111.06

**Fuente 6.** Curtiembre Quisapincha

**Realizado por:** Kelly Punguil

$$Q_{\text{mediodiaro}} = \frac{116.06 \text{ m}^3}{7 \text{ días}}$$

$$Q_{\text{mediodiaro}} = 16.58 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{mediodiaro}} = 0.1918 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = k1 * Q_{\text{mediodiaro}}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = 1.35 * 0.1918 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = 0.259 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximodiaro}} = k2 * Q_{\text{máximohorario}}$$

$$Q_{\text{máximodiaro}} = 2.0 * 0.259 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximodiaro}} = 0.518 \text{ lt/seg}$$

K1 Coeficiente caudal máximo diario

K2 Coeficiente caudal máximo horario

**Tabla 15.** Medidas del Tanque de Abastecimiento de Agua Potable de la Curtiembre Quisapincha.

DIMENSIONES		
LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
2,00	3,00	6,00
Volumen $m^3$		36,00

**Realizado por:** Kelly Punguil

#### 4.1.2 Cálculo y medición del caudal de agua residual

Para el cálculo del Agua Residual de la Curtiembre Quisapincha se ha determinado que depende del proceso planificado a realizarse. Para determinar la cantidad de agua necesaria para cada proceso está enfocado en porcentajes de la siguiente manera:

- Pelambre el 50% del peso total de piel
- Curtido el 40% del peso total de piel
- Teñido el 50% del peso total de piel

Cada bombo es descargado en una piscina receptora que se encuentran bajo los bombos y a través de un sistema de rejillas el caudal es conducido a los tanques homogeneizadores para realizar su respectivo tratamiento, este proceso tarda alrededor de una hora y media

**Tabla 16.** Caudal del Agua Residual

<b>Bombos o funoles</b>				<b>Días de estudio</b>						
<b>Procesos y Etapas</b>	<b>Volumen del fulón m<sup>3</sup></b>	<b>Peso de piel kg</b>	<b>Volumen de agua lt</b>	<b>Lunes 25/08/17</b>	<b>Martes 26/08/17</b>	<b>Miércoles 27/08/17</b>	<b>Jueves 28/08/17</b>	<b>Viernes 29/08/17</b>	<b>Sábado 30/08/17</b>	<b>Domingo 01/09/17</b>
<b>Pelambre 1</b>	7.07	2000	1000	1			1			
<b>Pelambre 2</b>	7.07	2000	1000	1			1			
<b>Curtido 1</b>	7.07	1200	480	1			1	1		
<b>Teñido 1</b>	3.80	300	150	2	2	2		2		
<b>Teñido 2</b>	3.80	300	150	2	2	2		2		
<b>Total lt</b>				3080	600	600	2480	1080	0	0
<b>ΣV lt</b>				7840						
<b>Qmediodiaro lt/seg</b>				0.012						

**Fuente 7.** Curtiembre Quisapincha

**Realizado por:** Kelly Punguil

### 4.1.3 Recolección de las muestras

El filtro estuvo funcionando 90 días, en los cuales se obtuvo muestras semanales y quincenales para la medición de DBO5, DQO y Cromo Hexavalente distribuidos de la siguiente manera.

**Tabla 17.** Recolección de Muestras

N° MUESTRAS	FECHA	PARÀMETROS		
		DBO5	DQO	CROMO HEXAVALENTE
Muestra AR	Martes 05 de Diciembre	X	X	X
1° Muestra	Martes 26 de Septiembre 2017	X	X	X
2° Muestra	Jueves 5 de Octubre	X	X	X
3° Muestra	Viernes 13 de Octubre	X	X	X
4° Muestra	Jueves 27 de Octubre	X	X	X
5° Muestra	Miércoles 1 de Noviembre	X	X	X
6° Muestra	Viernes 17 de Noviembre	X	X	X
7° Muestra	Viernes 24 de Noviembre	X	X	X
8° Muestra	Martes 05 de Diciembre	X	X	X
9° Muestra	Jueves 15 de Diciembre	X	X	X

Realizado por: Kelly Punguil

### 4.1.4 Análisis del agua residual y el agua filtrada

**Tabla 18.** Tabla Resumen de Análisis Físico-Químico

RESUMEN DE ANÀLISIS FÌSICO-QUÌMICO						
N MUESTRAS	PARÀMETRO (mg/l)					
	Cromo Hexavalente	LÌMITE MÀXIMO PERMISIBLE	DQO	LÌMITE MÀXIMO PERMISIBLE	DBO5	LÌMITE MÀXIMO PERMISIBLE
Muestra AR	0,065	0,5	5065	500	2418,74	250
1° Muestra	0,001	0,5	932	500	549	250
2° Muestra	0,043	0,5	2255	500	1284,5	250
3° Muestra	0,03	0,5	292	500	106,71	250
4° Muestra	0,082	0,5	2868	500	1029	250
5° Muestra	0,012	0,5	1756	500	462,29	250
6° Muestra	0,048	0,5	1116	500	751,95	250
7° Muestra	0,067	0,5	997	500	511,27	250
8° Muestra	0,05	0,5	2048	500	1209,74	250
9° Muestra	0,001	0,5	665	500	434,19	250

Realizado por: Kelly Punguil

Las hojas de informe de los análisis físicos químicos de las muestras provenientes del proceso de filtración y de agua cruda del efluente proveniente de la curtiembre Quisapincha se encuentran en el Anexo 2.5.

#### 4.2 Análisis de Resultados

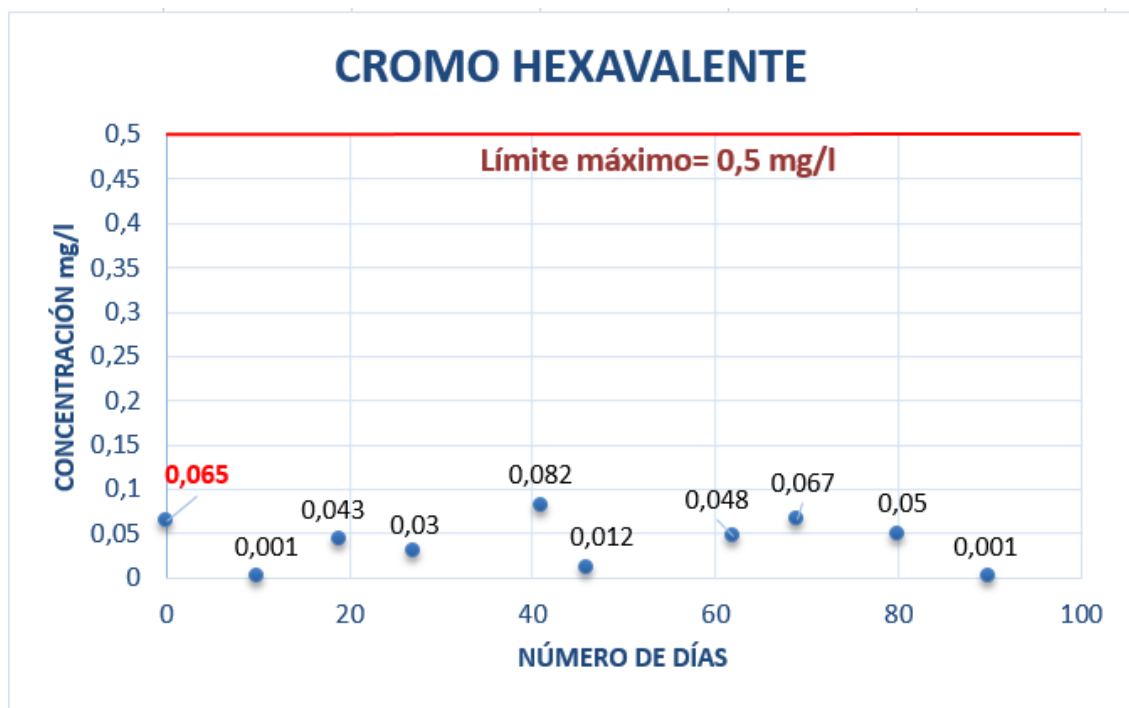


Gráfico 1. Comportamiento del Cromo Hexavalente en el transcurso del tiempo

Realizado por: Kelly Punguil

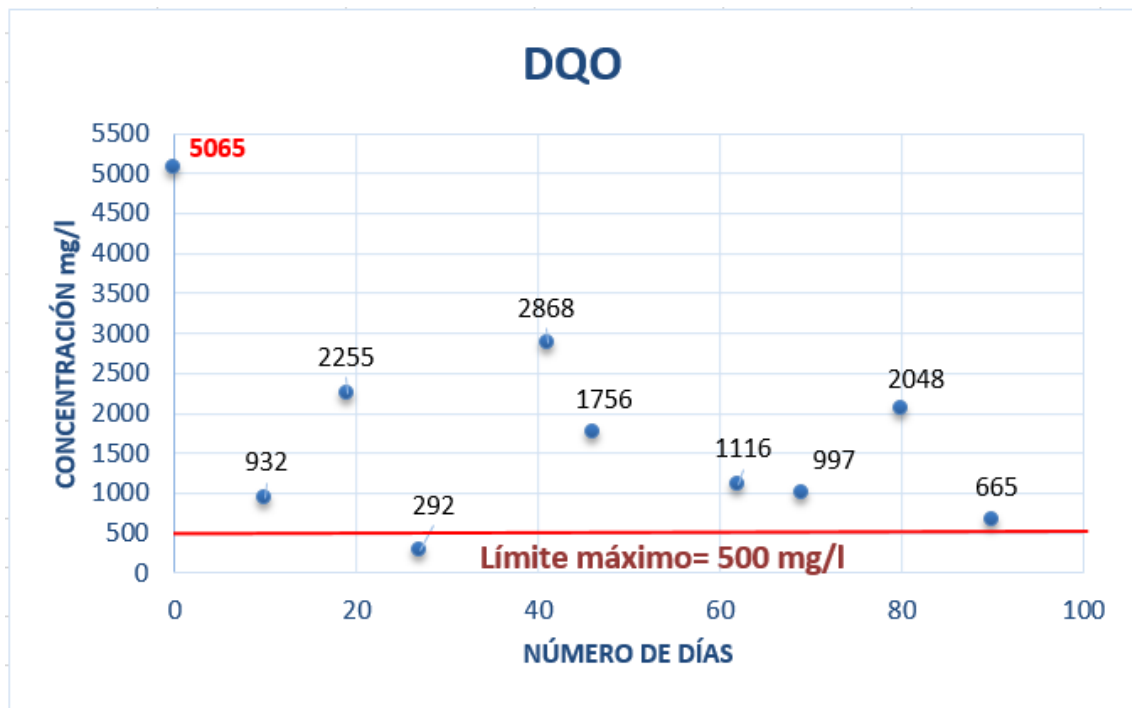
#### Interpretación:

El agua residual antes de ser sometida al proceso de biofiltración mediante grava se obtuvo un valor de Cromo Hexavalente de 0.065 mg/l.

En el transcurso de los 90 días de funcionamiento del filtro se ha realizado 10 análisis

A medida de que el filtro se encontraba en funcionamiento los resultados de los análisis arrojaron valores menores del límite permisible tomando en cuenta que la muestra #4 que se tomó a los 41 días de funcionamiento tuvo uno de los valores más altos de Cromo Hexavalente de 0.082 mg/l sobrepasando el resultado de la muestra de Agua Cruda de 0.065 mg/l debido a que la producción de la industria fue mayor en esa semana y por la misma razón de tener diferente producción semanal se observa un desfase de resultados pero todos se encuentran dentro del límite permisible.





**Gráfico 2.** Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Interpretación:**

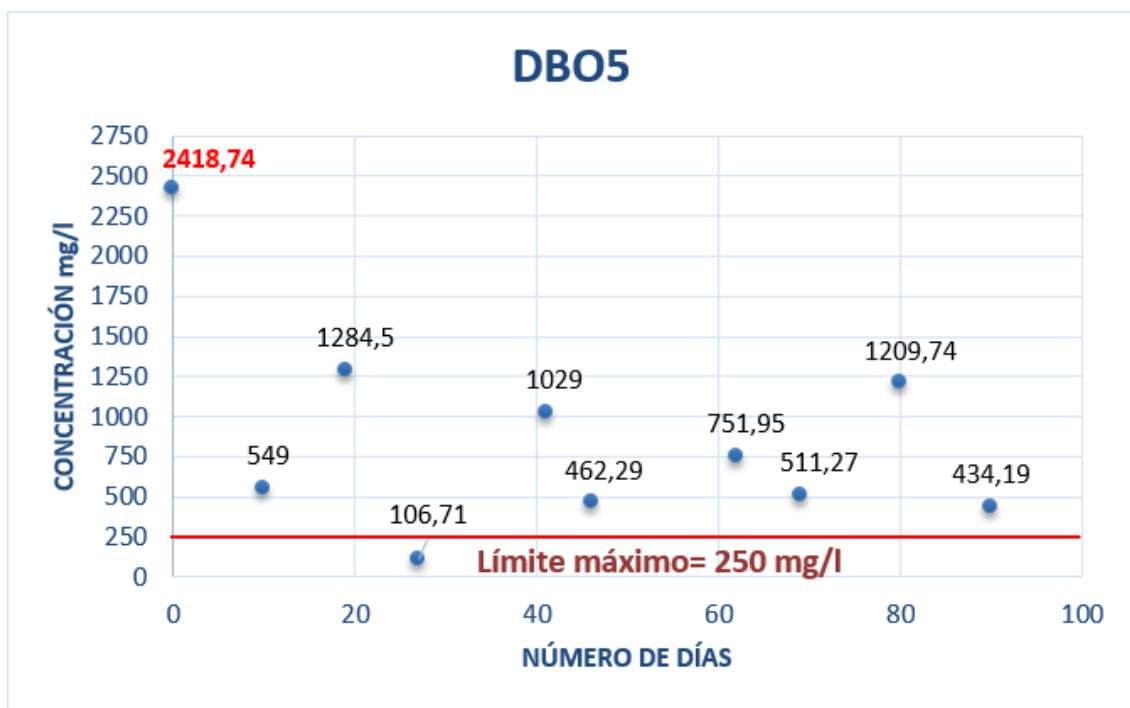
El agua residual antes de ser sometida al proceso de biofiltración mediante grava se obtuvo un valor de DQO de 5065 mg/l.

En el transcurso de los 90 días de funcionamiento del filtro se ha realizado 10 análisis

La mayoría de resultados obtenidos están fuera del límite permisible de acuerdo al [15] dónde, el límite para la evacuación hacia el alcantarillado máximo permisibles es de 500 mg/l, a excepción de la muestra #3 que fue recolectada a los 27 días y nos da un resultado de 292 mg/l.

Se ha observado que existe una desfase en los resultados debido a que cada semana no se cuenta con la misma producción ni la misma cantidad de químicos utilizados.

Se ha realizado una comparación con todos los resultados obtenidos entre el Agua Residual y el Agua filtrada y se observa una reducción considerable de DQO. De acuerdo ha [26] no se logra una reducción de DQO debido a que es importante una limpieza o sustitución de material filtrante para mejores resultados



**Gráfico 3.** Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo

**Realizado por:** Kelly Punguil

### **Interpretación:**

El agua residual antes de ser sometida al proceso de biofiltración mediante grava se obtuvo un valor de DBO5 de 2418.74 mg/l.

En el transcurso de los 90 días de funcionamiento del filtro se ha realizado 10 análisis.

La mayoría de resultados obtenidos están fuera del límite permisible de acuerdo al [15] dónde, el límite para la evacuación hacia el alcantarillado máximo permisible es de 500 mg/l, a excepción de la muestra #3 que fue recolectada a los 27 días y nos da un resultado de 106.71 mg/l.

Se ha observado que existe una desfase en los resultados debido a que cada semana no se cuenta con la misma producción ni la misma cantidad de químicos utilizados.

Se ha realizado una comparación con todos los resultados obtenidos entre el Agua Residual y el Agua filtrada y se observa una reducción considerable de DBO5.

### 4.3 Análisis de la Eficiencia del Filtro

Se ha analizado la eficacia que tiene el filtro a través del tiempo, considerando los tres parámetros definidos DBO5, DQO y Cromo Hexavalente.

El cálculo de la eficiencia se lo ha realizado mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ EFICIENCIA} = \frac{Cr_o - Cr_f}{Cr_o} * 100$$

Dónde:

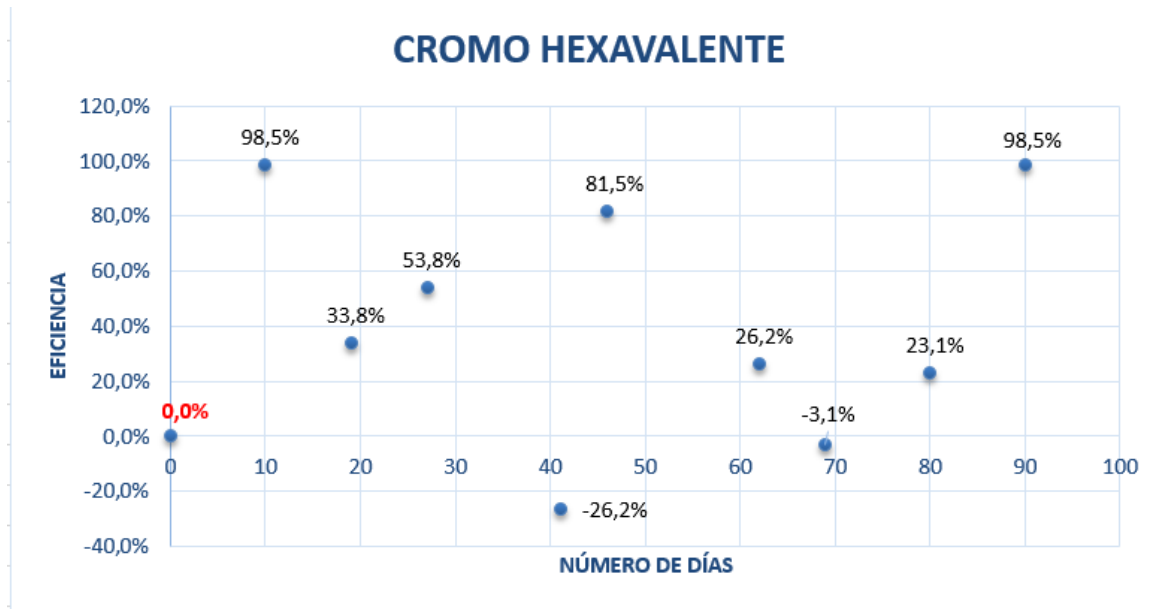
$Cr_o$  = Cromo Inicial

$Cr_f$  = Cromo Final

**Tabla 19.** Tabla resumen del porcentaje de Eficiencia

<b>TABLA RESUMEN DE PORCENTAJE DE EFICIENCIA</b>				
<b>N MUESTRAS</b>	<b>N DE DÍAS</b>	<b>Cromo Hexavalente</b>	<b>DQO</b>	<b>DBO5</b>
Muestra AR	0	0,0%	0,0%	0,0%
1° Muestra	10	98,5%	81,6%	77,3%
2° Muestra	19	33,8%	55,5%	46,9%
3° Muestra	27	53,8%	94,2%	95,6%
4° Muestra	41	-26,2%	43,4%	57,5%
5° Muestra	46	81,5%	65,3%	80,9%
6° Muestra	62	26,2%	78,0%	68,9%
7° Muestra	69	-3,1%	80,3%	78,9%
8° Muestra	80	23,1%	59,6%	50,0%
9° Muestra	90	98,5%	86,9%	82,0%

**Realizado por:** Kelly Punguil

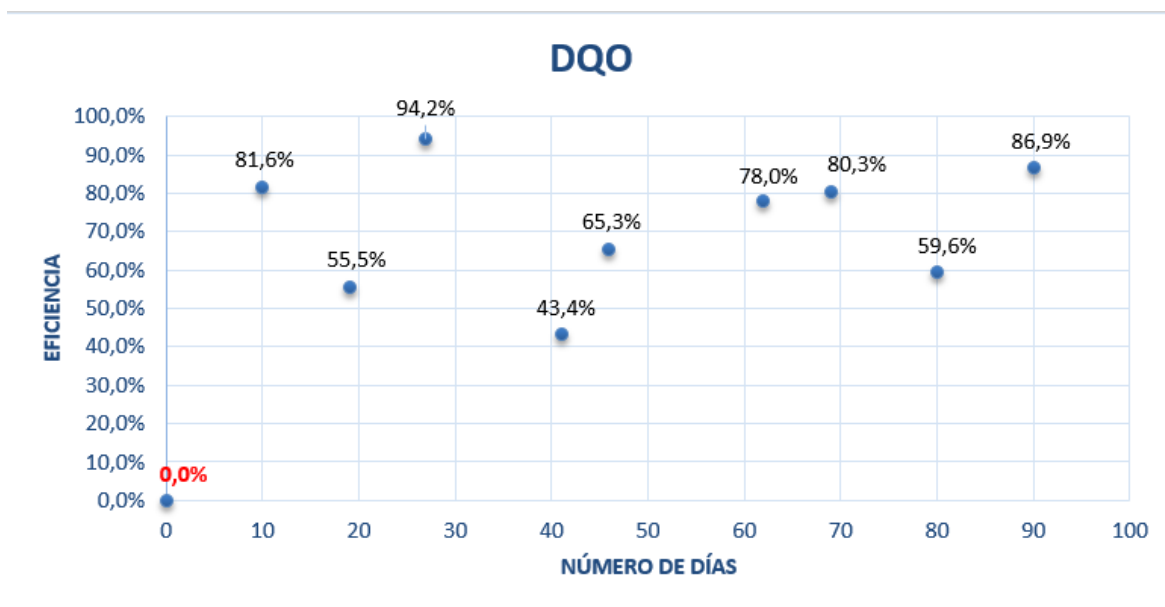


**Gráfico 4.** Nivel de Remoción Cromo Hexavalente

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Interpretación:**

Realizando un análisis de los porcentajes de eficiencia de remoción que el biofiltro presenta en sus 90 días de funcionamiento durante todo su estudio se observa que a los 10 y 90 días el filtro cumple con el 98.5% de eficiencia a diferencia otros días de toma de muestras se observa desfares de disminución y aumento del porcentaje de eficiencia del Cromo Hexavalente debido a que se utilizó en algunos procesos de curtido ácido fórmico para que disminuya los niveles de Cromo, a excepción de la muestra #4 con un porcentaje negativo de -2.6 y la muestra #7 de -3.1% asumiendo que en esos días no se utilizó en ácido base para disminuir los niveles de Cromo Hexavalente. Verificando la eficiencia el filtro funciona hasta la muestra #5 que es a los 46 días de funcionamiento a partir de esos días reduce su eficiencia hasta la muestra #7 que es a los 69 días de funcionamiento y nuevamente funciona por biodegradación hasta su día 90 de funcionamiento.

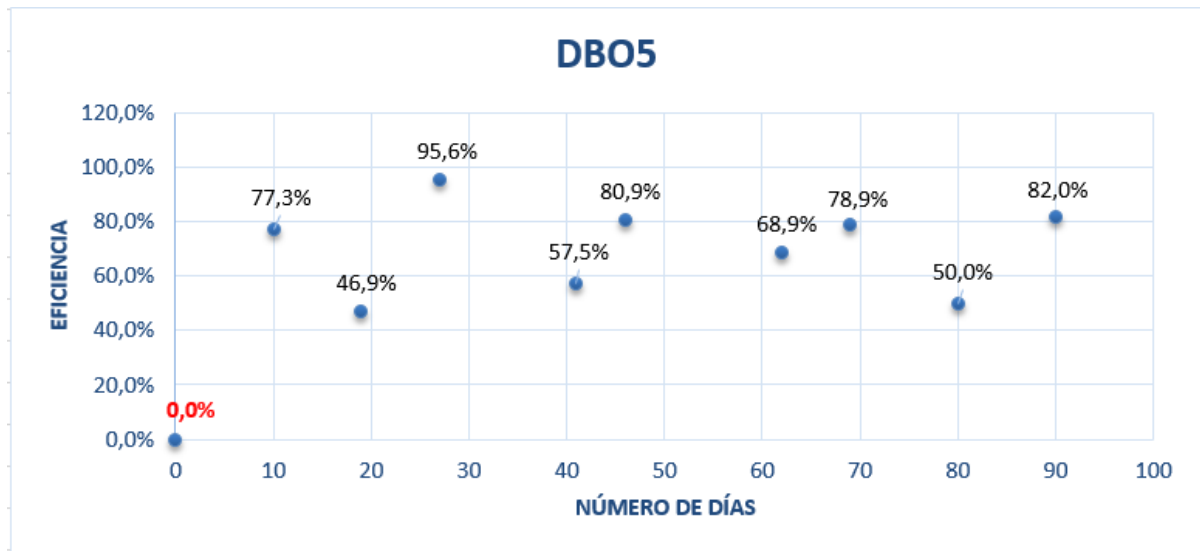


**Gráfico 5.** Nivel de Remoción Demanda Química de Oxígeno

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Interpretación:**

Realizando un análisis de los porcentajes de eficiencia de remoción que el biofiltro presenta podemos observar que los porcentajes obtenidos presentan una variación significativa mostrando en la muestra #4 a los 41 días de funcionamiento el valor de eficiencia más baja de 43.4% que realizando un promedio de todos los datos no se tomó en cuenta la muestra anteriormente mencionada dándonos un promedio de 75.18% de remoción tomando en cuenta que el valor máximo fue de 94.2% de la muestra #3 a los 27 días de funcionamiento.



**Gráfico 6.** Nivel de Remoción Demanda Bioquímica de Oxígeno

**Realizado por:** Kelly Punguil

**Interpretación:**

Realizando un análisis de los porcentajes de eficiencia de remoción que el biofiltro presenta se puede mencionar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtuvo valores variados similares al DQO, podemos observar que los porcentajes obtenidos presentan una variación significativa mostrando en la muestra #2 a los 29 días de funcionamiento el valor de eficiencia más baja de 46.9% que realizando un promedio de todos los datos no se tomó en cuenta la muestra anteriormente mencionada dándonos un promedio de 73.89% de remoción tomando en cuenta que el valor máximo fue de 95.6% de la muestra #3 a los 27 días de funcionamiento.

## **Verificación de la hipótesis**

Mediante los 10 análisis Físicos-Químicos realizados 1 de agua cruda y 9 de agua filtrada se pudo comprobar que la hipótesis planteada se cumple satisfactoriamente, haciendo una relación con los dos tipos de agua se observa una disminución en los tres parámetros analizados Cromo Hexavalente, DBO5 y DQO.

En el caso del Cromo Hexavalente la eficiencia de remoción llegó a un 98.5%, permitiendo cumplir todos los valores con los límites permisibles de acuerdo a la Norma.

En el parámetro del DQO la eficiencia de remoción llegó a 86.9% logrando una disminución considerable tomando en cuenta que la mayoría de valores no cumplieron con los límites permisibles.

Así también se logró una disminución considerable en el parámetro del DBO5 en relación al agua cruda pero la mayoría de resultados se encuentran fuera del límite permisible.

Con la recopilación de todos los resultados obtenidos, la hipótesis se cumple satisfactoriamente con la hipótesis nula y queda demostrado que la grava tiene la capacidad de ser utilizada como material filtrante en el tratamiento de agua residual proveniente de una curtiembre.

## CAPÍTULO V

### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que la variación en los parámetros Cromo Hexavalente, DBO5 y DQO se debe a que la producción semanal de la Curtiembre Quisapincha es diferente y se obtienen datos diferentes tomando en cuenta que en el caso del Cromo Hexavalente todos los valores obtenidos después del proceso de filtración se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el TULSMA a excepción del DBO5 y DQO pero en relación a la muestra cruda tomada, los valores de estos dos parámetros demuestran una reducción de los niveles de contaminación considerable.
- Se realizó la relación DBO5/DQO obteniendo un resultado de los datos positivo que si existe biodegradabilidad.
- La eficiencia de remoción de la última muestra tomada de agua filtrada a los noventa días de funcionamiento del filtro, en el caso del Cromo Hexavalente la eficiencia fue de 98.5% con un valor de 0.001 mg/l encontrándose dentro del límite permisible, en cuanto al DBO5 la eficiencia fue de 82% con un valor de 665 mg/l encontrándose fuera del límite permisible y finalmente el DQO obtuvo una eficiencia de 86.9% con un valor de 434.19 mg/l encontrándose fuera del límite permisible concluyendo que la última muestra obtuvo los valores más bajos y más cercanos a los límites permisibles establecidos por el TULSMA.
- Mediante el reconocimiento de la infraestructura y de los procesos que realiza la Curtiembre Quisapincha se pudo obtener los planos arquitectónicos.
- Se determinó el caudal de agua potable mediante un aforo debido a que la curtiembre carecía de medidor dándonos un resultado de 0.518 lt/seg.
- Se determinó el caudal del agua residual durante el tiempo que se hace la descarga de los bombos dándonos un resultado de 0.012 lt/seg.



- Se concluyó que la efectividad del biofiltro realizado en este proyecto compuesto de grava como material filtrante realizado con el efluente de la Curtiembre Quisapincha del Cantón Ambato provincia de Tungurahua se cumplió satisfactoriamente reduciendo los niveles de contaminación de acuerdo a los parámetros analizados (Cromo Hexavalente, DBO5, DQO).

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un lavado del material filtrante en este caso de grava cada dos meses debido a la presencia de microorganismos que perjudican al proceso de filtración y tapan los espacios que existe entre el material filtrante.
- Realizar un proceso de pre filtración antes de introducir el agua cruda al tanque de abastecimiento y utilizar equipos de protección evitando el taponamiento del mismo y con la finalidad que el sistema planteado tenga continuidad permitiendo mayor efectividad y mejores resultados.
- Utilizar el equipo técnico industrial para una mejor manipulación de equipos y materia prima evitando contagios, enfermedades y cáncer.
- Se recomienda tamizar la grava correctamente y disponer para el proyecto lo que retiene el tamiza #4.
- Utilizar envases ámbar para las muestras que van a ser llevadas al laboratorio y que estén previamente pasadas por un proceso de limpieza.

## Materiales de referencia

### 1. Bibliografía

- [1] G. Flores and F. Torres, “Evaluación técnica y económica para la implementación de biofiltros de bajo costo en las instalaciones del campus Gustavo Galindo de la ESPOL,” no. 1, p. 7.
- [2] P. Cerón Chafla, “Estudio de un sistema fisico-químico a escala prototipo de tratamiento de aguas residuales provenientes de una curtiembre,” pp. 1–142, 2011.
- [3] N. V. Castillo, “Evaluación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio Valle de San Juan (Tolima),” *Victoria*, 2004.
- [4] L. Barba-Ho, Y. Ballesteros, P. Patiño, and C. Callejas, “MPACTO GENERADO POR LOS VERTIMIENTOS DE LAS CURTIEMBRES EN CORRIENTES SUPERFICIALES USANDO PRUEBAS DE TOXICIDAD,” 2013.
- [5] O. Fabián, H. Cobos, J. Felipe, A. Londoño, L. Carlos, and F. Garcia, “Industrias Del Curtido De Cueros Design of a Biofilter To Reduce the Contamination Content By Chromium Generated in the Industries of the Leather Tanning,” *Dyna*, vol. 76, no. 160, pp. 107–119, 2009.
- [6] A. A. Ruiz, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua.,” *Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2004.
- [7] N. GEOGRAPHIC, “Contaminación del agua,” NY, 2011.
- [8] R. Mendez, S. Vidal S, K. E. Lorber, and F. Márquez, “Producción limpia en la industria de curtiembre,” *Prod. limpia en la Ind. Curtiembre*, vol. 1, no. 5, p. 408, 2007.
- [9] M. N. J. Navas., “Evaluación De Un Filtro Artesanal Del Efluente De Una Lavadora De Autos a Base De Bagazo De Caña De Maíz, Aserrín, Ceniza De Carbon Vegetal Y Grava.,” 2016.
- [10] M. Rivera, I. Santos, A. Quiroz, and D. R. Jesús, “Reutilizando las aguas residuales a través de biofiltros,” 52, México, p. 2.
- [11] M. Mccann, “Cuero, pieles y calzado,” *Encicl. salud y Secur. en el Trab. OIT*, p. 88.1-88.13, 2001.
- [12] “Articulo-cientifico-curtiembres\_2.” .
- [13] C. N. del Medio, *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial*, vol. 1. 1999, p. 72.
- [14] E. Esparza and N. Gamboa, “Contaminación debida a la industria curtiembre,” *Rev. Química*, vol. 15, no. 1, pp. 41–63, 2013.
- [15] MINAM, “Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua,” *TULAS Texto unificado Legis. Secund. del Minist. del Ambient.*, pp. 8–9, 2011.

- [16] J. a. Espigares G, M.; Pérez López, “Aguas Residuales: Composicion,” *Aguas Residuales. Compos.*, p. 22, 1985.
- [17] S. Yulier, M. Buitrago, J. Alexander, and R. Coca, “REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LAS CURTIEMBRES EN SUS PROCESOS Y PRODUCTOS : UN ANÁLISIS DE SU COMPETITIVIDAD \* CURRENT STATE REVIEW OF THE INDUSTRY OF TANNERIES IN ITS PROCESSES AND PRODUCTS : A COMPETITIVENESS ANALYSIS EM SEUS PROCESSOS E PRODUTOS : UMA ANÁLISE DE SUA,” vol. XXVI, no. 1, pp. 113–124, 2018.
- [18] Á. C. Porras, “Descripción de La nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 9, no. 17, pp. 41–49, 2010.
- [19] “Residuos tóxicos En la industria de las Curtiembres colombianas Duvan Sánchez Jonathan acuña,” no. December 2003.
- [20] D. Vargas, D. Medina, and D. A. Derpic, “Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba Alternative of process of tanning with high depletion of Chromium for the traditional tanneries of the city of Cochabamba,” vol. 8, pp. 3–30, 2017.
- [21] A. A. C. Villanueva *et al.*, “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales,” *Univ. Politec. Cataluña*, vol. 1, no. 3, pp. 39–51, 2013.
- [22] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 149:98*, vol. 1. 1998.
- [23] V. Yactayo Maldonado, “Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo I,” *Trat. agua para Consum. Hum. Plantas Filtr. rápida*, p. 597, 2004.
- [24] C. N. del A. CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento Pretratamiento y Tratamiento Primario Comisión Nacional del Agua*. 2015.
- [25] INEN-696, “NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.,” *Gestión Ambient. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos Emisiones Prod. Por Fuentes Móviles Terr. Gasolina.*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 5, 2002.
- [26] R. Maliza and R. Elena, “Universidad Técnica De Ambato,” *Repo.Uta.Edu.Ec*, p. 130, 2011.

2. Anexos  
2.1 Encuesta



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



- 1.Cuál es el nombre de la Industria?  
Curtiembre Quizapinche
2. Dónde se encuentra la Industria?  
Av. Circunvalación y Cándor Quizapinche
- 3.Cuál es la principal actividad de la Industria?  
Producción de cuero y elaboración de calzados y productos de cuero
4. Qué tipo de servicios brinda la Industria?  
Venta de artículos de cuero, comercialización de cuero terminado y todo producto a fin del cuero
5. Qué químicos utiliza la Industria?  
Ceb. Sulfato, Enzimas, Sal, Cromo, Sulfato de Amonio, Metabi sulfato de sodio, Acido Fórmico.
6. Cuántos días a la semana trabaja la industria?  
6 D.P.S.
- 7.Cuál es el horario de atención de la Industria?  
de 7:00 a.m a 5:00.p.m
- 8.Cuál es la producción mensual de la Industria?  
3000 - 3500 Cueros

NOMBRE: Milton Camacho  
CI: 1801994771

CARGO: Jefe de Producción

## 2.2 Imágenes del material filtrante



**Imagen 11.** Grava sin tamizar



**Imagen 12.** Tamiz 3/8 y #4



**Imagen 13.** Realizando el Tamizaje con el tamiz 3/8



**Imagen 14.** Realizando el Tamizaje con el tamiz #4



**Imagen 15.** Grava que retiene el tamiz #4

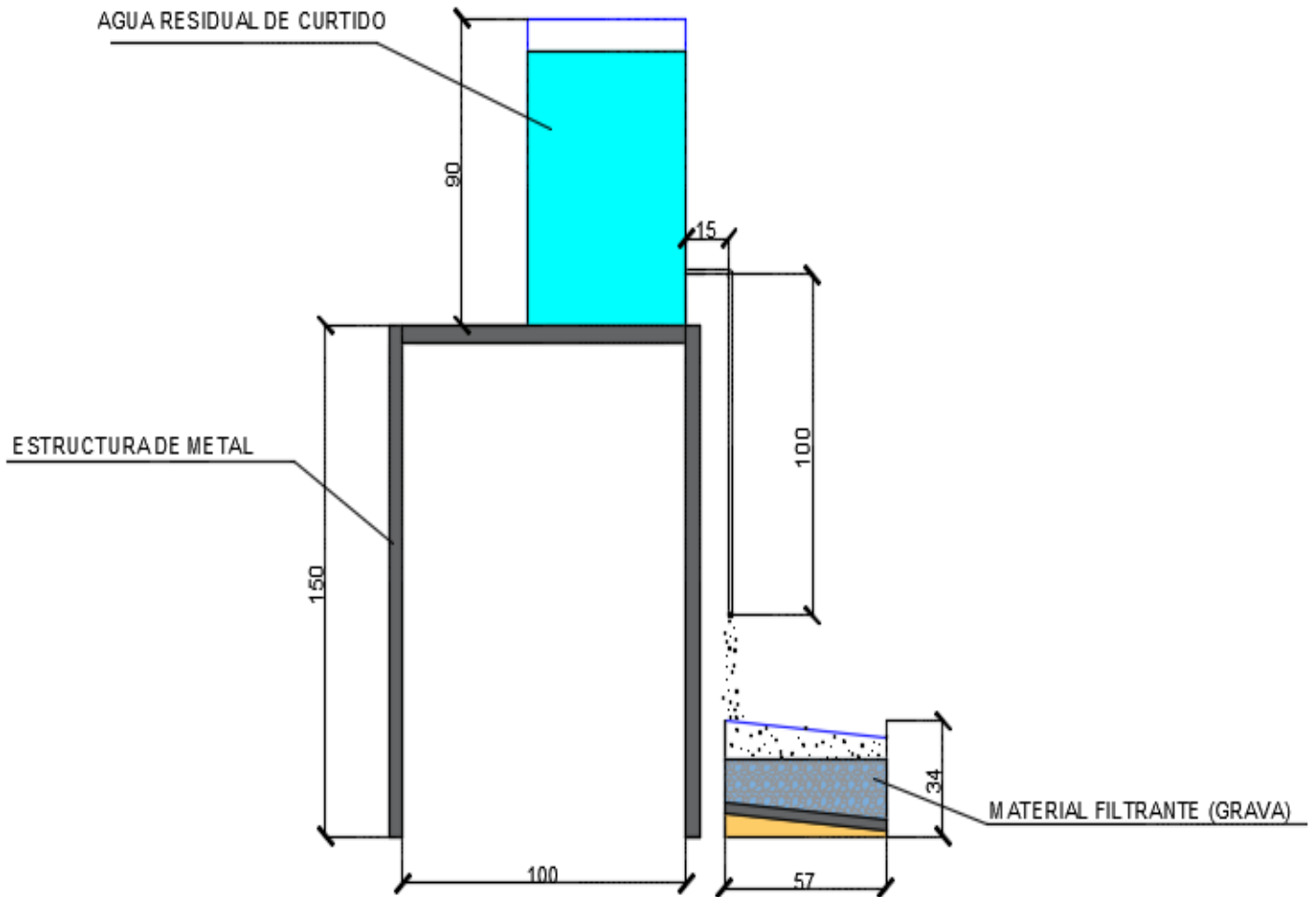


**Imagen 16.** Grava obtenida para el proyecto



### 2.3 Diseño y estructura del filtro

Imagen 17. Diseño y Estructura del Filtro



Realizado por: Kelly Punguil

## 2.4 Imágenes generales del proyecto experimental

### 2.4.1 Funcionamiento del Filtro



**Imagen 18.** Biofiltro en funcionamiento



**Imagen 19.** Limpieza de la bandeja



**Imagen 20.** Medición del caudal



**Imagen 21.** Llenado del tanque de abastecimiento mediante una bomba



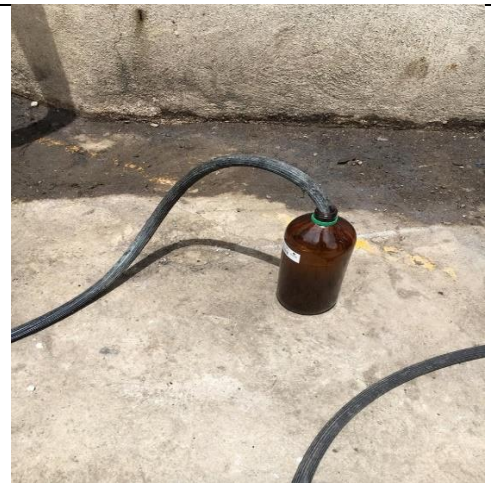
**Imagen 22.** Tanque de abastecimiento lleno



**Imagen 23.** Proceso de pre filtración antes del llenado del tanque de abastecimiento



**Imagen 24.** Toma de muestra filtrada para el análisis físico-químico



**Imagen 25.** Muestra de agua filtrada



**Imagen 26.** Agua de Entrada



**Imagen 27.** Agua de Salida



## 2.4.2 Procesos de la Curtiembre Quisapincha



**Imagen 28.** Conservación en sal



**Imagen 29.** Pelambre



**Imagen 30.** Teñido



**Imagen 31.** Curtido



**Imagen 32.** Descarnado



**Imagen 33.** Ablandado



**Imagen 34. Dividido**



**Imagen 35. Ecurrido**



**Imagen 36. Pintado y Lacado**



**Imagen 37. Secado al Vacío**



## 2.5 Informes de los resultados físicos-químicos de las muestras.



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

### INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE		Versión: 9
CLIENTE:	UTA- FICM	Pág. 1 de 1
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil	Código: REG TEC 018
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera	Fecha formato: 20/03/2017
TELEFONO:	032 587 724	NUMERO DE INFORME:
CELULAR:	098 494 1294	LACQUA 1   7 - 2   0   6   0
e - mail:	kellypunguil@hotmail.com	

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 47	TEM. AMBIENTE(°C): 19
-------------------------	-----------------	-----------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M1  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente FECHA TOMA DE MUESTRA: 26 de septiembre de 2017  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 25 de septiembre al 05 de octubre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 05 de octubre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,001	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	932	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	549,00	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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

"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:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	kelypunguil@hotmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-21070

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	47	TEM. AMBIENTE(°C):	21
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M2  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 05 al 17 de octubre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 17 de octubre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de octubre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,043	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	2255	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	1284,50	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

\* 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

"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"

www.lacquanalisis.com

### INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	kellypunguil@hotmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 7- 2 0 8 3

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	47	TEM. AMBIENTE(°C):	21
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M3  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 13 al 24 de octubre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 24 de octubre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 13 de octubre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,030	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	292	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	106,71	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

\* 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 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



**INFORME DE RESULTADOS**



Acreditación N° OAE LE C 11-010  
LABORATORIO DE ENsayos

DATOS DEL CLIENTE		Versión: 9
CLIENTE:	UTA- FICM	Pág. 1 de 1
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil	Código: REG TEC 018
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera	Fecha formato: 20/03/2017
TELEFONO:	032 587 724	NUMERO DE INFORME:
CELULAR:	098 494 1294	LACQUA 1   7   2   1   2   6
e - mail:	<a href="mailto:kellypunguil@hotmail.com">kellypunguil@hotmail.com</a>	

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 47	TEM. AMBIENTE(°C): 21
-------------------------	-----------------	-----------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M3  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 27 de octubre al 09 de noviembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 09 de noviembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 27 de octubre de 2017

**INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS**

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,082	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	2868	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	1029,00	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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

"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:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	<a href="mailto:kellypunguil@hotmail.com">kellypunguil@hotmail.com</a>

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7 -   2   1   3   4

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	45	TEM. AMBIENTE(°C):	21
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M4  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 01 al 14 de noviembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 14 de noviembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 01 de noviembre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,012	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	1756	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	462,29	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

\* 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

\*Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables

www.lacquanalisis.com

### INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	kellypunguil@hotmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7 - 2   1   S   2

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	48	TEM. AMBIENTE(°C):	22
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M5  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 17 al 28 de noviembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 28 de noviembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 17 de noviembre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,048	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	1116	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	751,95	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América



"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"

[www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)

### INFORME DE RESULTADOS



Servicio de Acreditación Ecuatoriano  
Acreditación N° DAE LE C 11-019  
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	kellypunguil@hotmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7   2   1   6   1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	47	TEM. AMBIENTE(°C):	21
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M6  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 24 de noviembre al 05 de diciembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 05 de diciembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 24 de noviembre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,067	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	997	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	511,27	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América

\*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:	UTA- FICM	Pág.	1 de 1
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil	Código:	REG TEC 018
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera	Fecha formato:	20/03/2017
TELEFONO:	032 587 724	NUMERO DE INFORME:	
CELULAR:	098 494 1294	LACQUA	1   7 -   2   1   7   6
e - mail:	<a href="mailto:kellypunguil@hotmail.com">kellypunguil@hotmail.com</a>		

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 47	TEM. AMBIENTE(°C): 20
-------------------------	-----------------	-----------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M7  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 05 al 14 de diciembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 14 de diciembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de diciembre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,050	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	2048	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	1209,74	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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

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

### INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	kellypunguil@hotmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7   2   2   0   7

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	48	TEM. AMBIENTE(°C):	20
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Filtrada - M8  
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 15 al 28 de diciembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 28 de diciembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 15 de diciembre de 2017

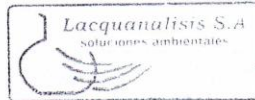
### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,001	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	665	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	434,19	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

\* Parámetro acreditado  
 \*\* 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 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



"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:	Srta. Kelly Punguil
DIRECCION:	Calle Marcos Montalvo y Jorge Carrera
TELEFONO:	032 587 724
CELULAR:	098 494 1294
e - mail:	<a href="mailto:kellypunguil@hotmail.com">kellypunguil@hotmail.com</a>

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1   7   2   1   7   7

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	47	TEM. AMBIENTE(°C):	20
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual de Curtiembre Cruda  
 RESPONSABLE MUESTRO: Cliente  
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual  
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 05 al 14 de diciembre de 2017  
 FECHA EMISION DE INFORME: 14 de diciembre de 2017  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de diciembre de 2017

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,065	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	5065	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	2418,74	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · [info@lacquanalisis.com](mailto:info@lacquanalisis.com)  
 Ambato, Ecuador - Sud América

## 2.6 Referencia de diseño del Filtro



## 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]

$$\text{Ecuación 1 } TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}} = 333.33 \text{ min} = \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 5.55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

## 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**  $Q = \frac{35 \text{ lt}}{5.5 \text{ horas}}$

$$Q = 6.30 \text{ lt/h} = 0.105 \text{ lt/min}$$

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 – homogeneización

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.

$$Q = 0.105 \frac{lt}{min} = \frac{60 min}{1 h} = \frac{24 h}{1 día}$$

### Caudal en 1 día-24 horas

$$Q = 151.2 \frac{lt}{día} = \frac{1 gal}{3.78 lt} = 40 \frac{gal}{día}$$

Se suma los 15 galones del factor de seguridad para que al menos el 1/3 del tanque se mantenga lleno y el filtro no deje de funcionar.

**Ecuación 3**  $V_{TANQUE} = 40 \text{ galones} + 15 \text{ galones}$

$$V_{TANQUE} = 55 \text{ galones}$$

## Dimensiones del filtro medidas del medio filtrante

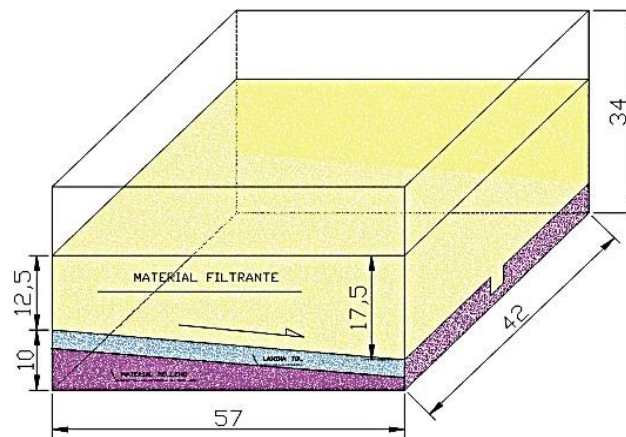


Gráfico 2. Medidas

Asumimos el trapezoidal lateral donde:

AT= Área Trapezoidal

VT = Volumen trapezoidal

Base = 57 cm

Lado menor = 12,5cm

Lado mayor= 17,5 cm

**Ecuación 4**

$$A_T = \frac{(12,5 + 17,5)}{2} * 57$$

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

**Ecuación 5**

$$VT = A_T * 42 \text{ cm}$$

$$VT = 855 \text{ cm}^2 * 42 \text{ cm}$$

$$VT = 35910 \text{ cm}^3 \cong 35,91 \text{ lt}$$

En el filtro se ha asumido un volumen de 35 lt como valor mínimo.

Debido a que se va analizar el material filtrante mas no el diseño del filtro por facilidades constructivas se ha asumido las medidas comerciales de un “Guarda Móvil Grande” marca PIKA con dimensiones: 57 cm \* 42cm \* 34 cm.

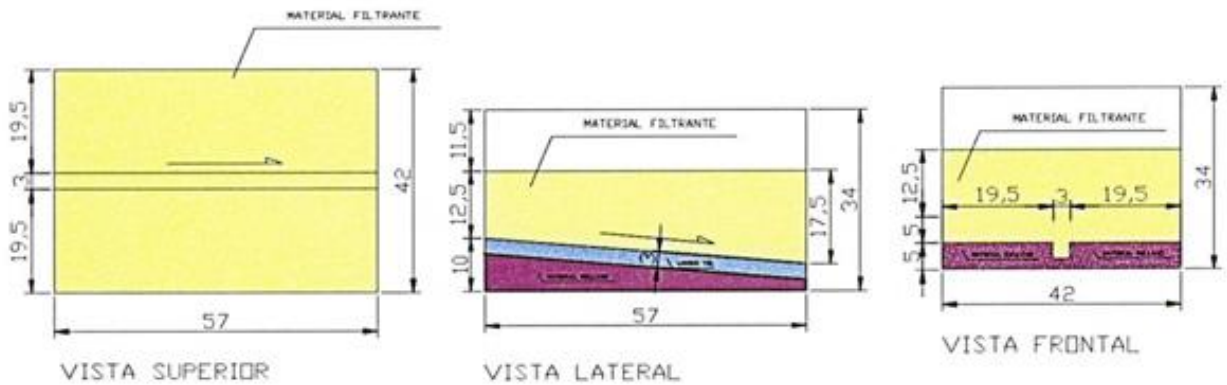




**Gráfico 3. Guarda móvil grande**

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.

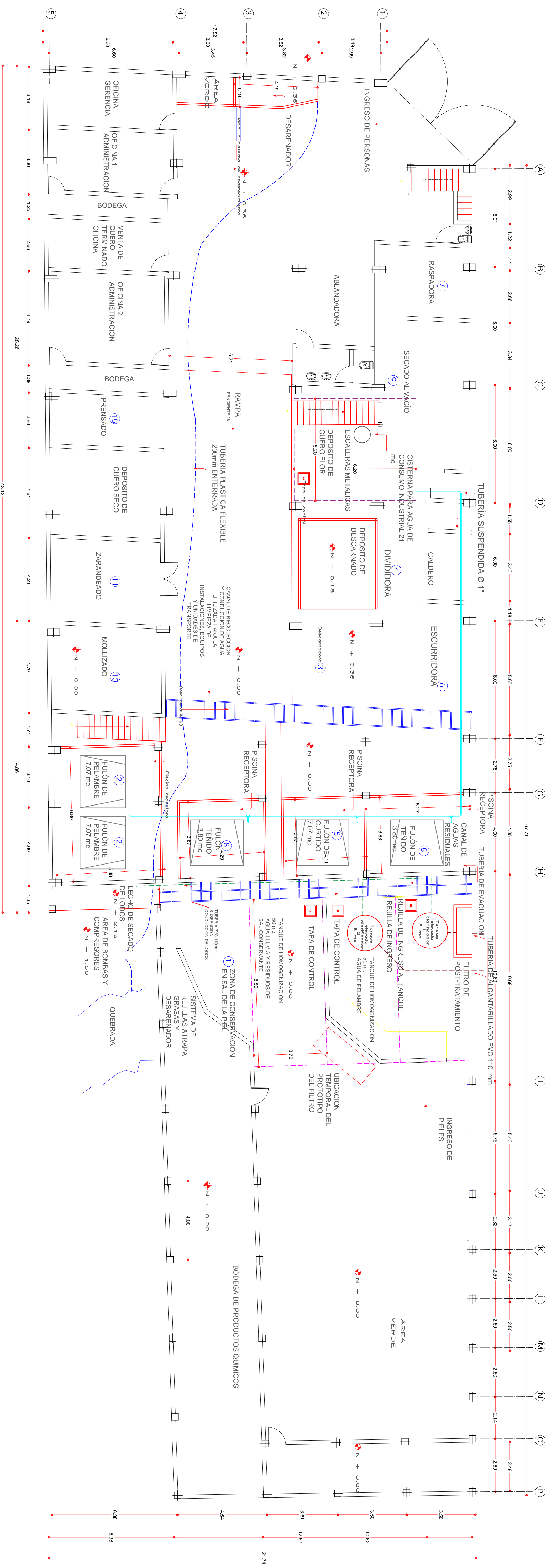


**Gráfico 4. Especificaciones**

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 aguas tratadas.

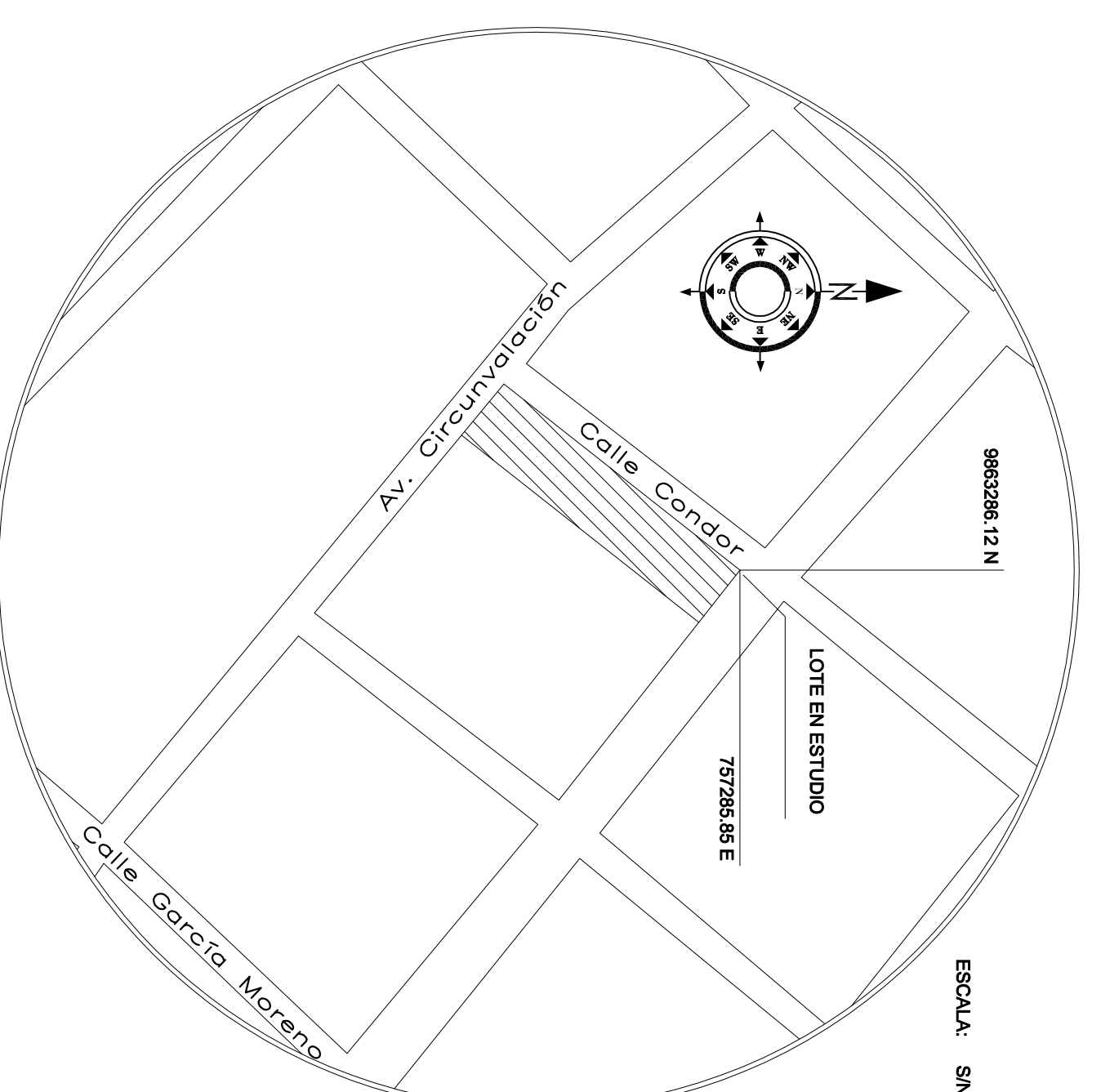
Ing. MEng. Lenin Maldonado

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



## SISTEMA BÁSICO DE PRODUCCIÓN PLANTA BAJA IMPLANTACION GENERAL ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA	
— (Blue dashed line)	Tuberia Flexible 200 mm
— (Blue solid line)	Rejilla metálica
— (Blue dashed line)	Bomba/Bomba suergible para agua de consumo Industrial
— (Blue dashed line)	Sistema Enterrado
— (Red dashed line)	Tapo de Control
— (Red dashed line)	Tuberia Enterrada
— (Green dashed line)	Tuberia Suspendida
— (Red dashed line)	Bordillo de Hornigón Simple
— (Red dashed line)	Corte/Ducto
— (Red dashed line)	Columna Hornigón Armado 65*35
— (Red dashed line)	Columna Hornigón Armado 35*35

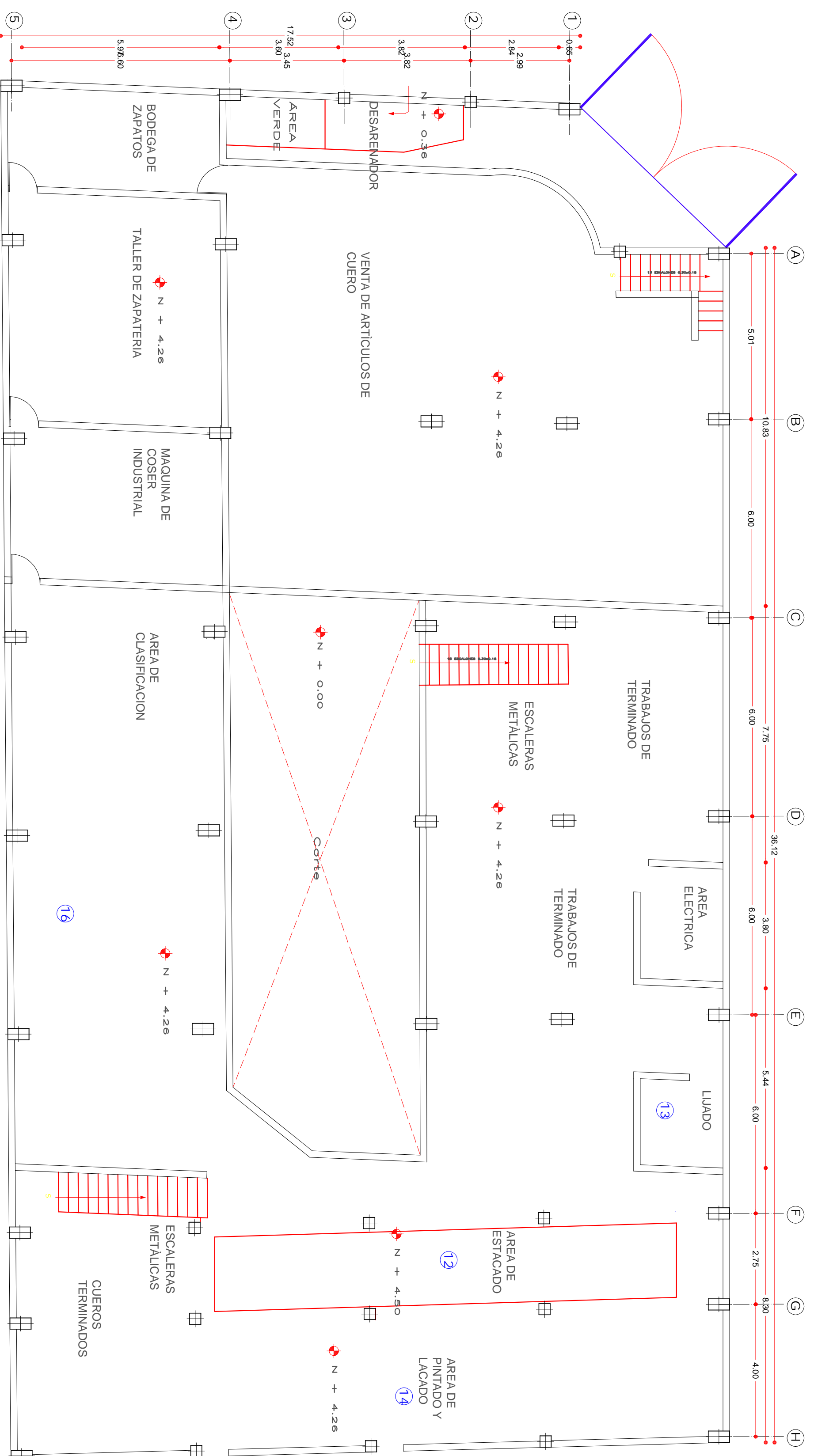


UBICACIÓN

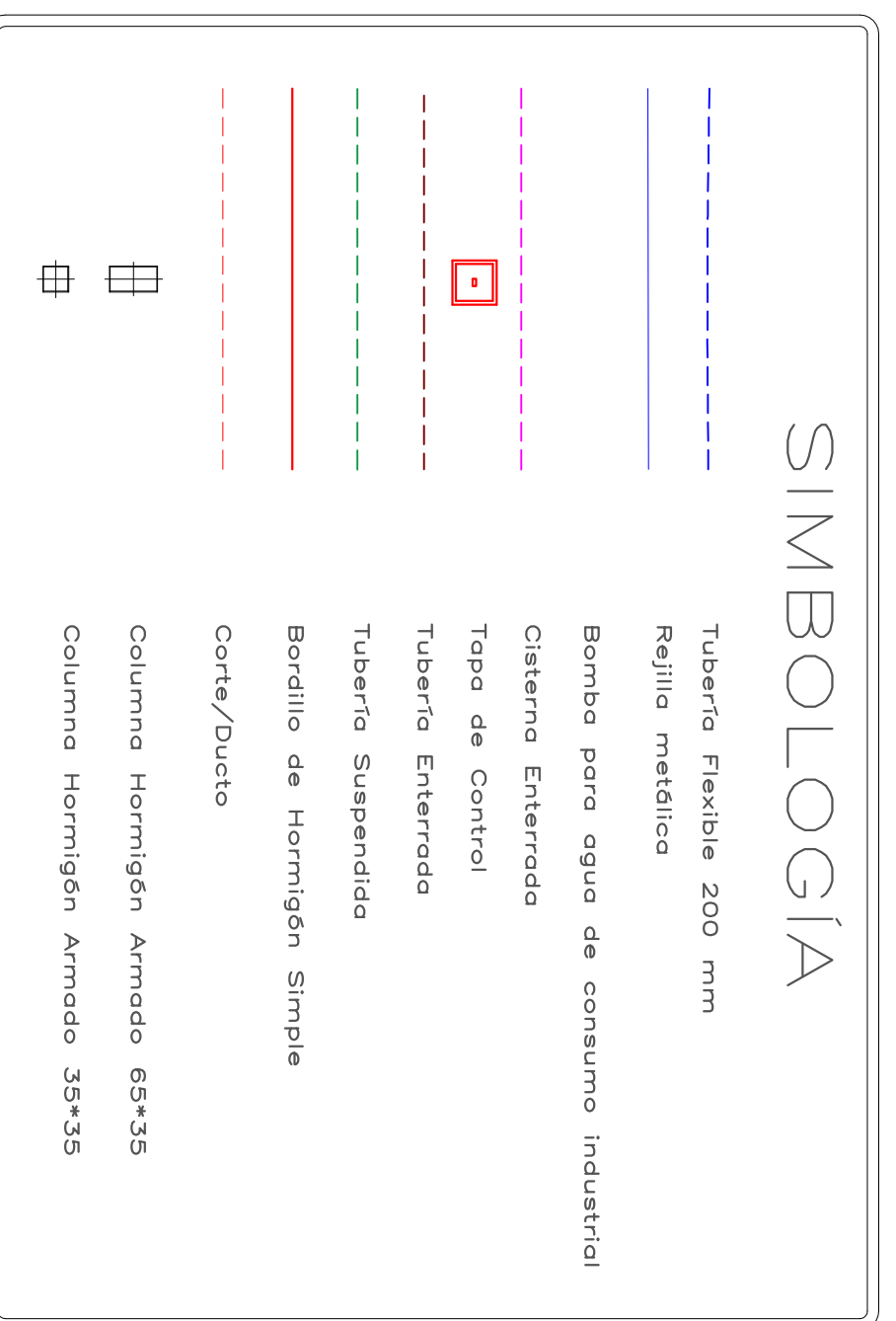
Sistema Básico de Producción	
1	PROCESO RIBERA
1	Conservación con sal y remojo.
2	Pelambre
3	Descarnado
4	Dividido
5	PROCESO DE CURTICIÓN
5	Piqueado
6	Currido
7	Escurrido
8	Rebajado
9	Tenido
10	ACONDICIONAMIENTO Y SECADO
10	Secado al vacío
11	Molizado
12	Zarandeado
13	Estacado
14	Lijado
15	PROCESO DE ACABADOS
15	Pinado y lacado
16	Presado
17	Medido, Clasificado y Empaquetado

Descripción: Plano arquitectónico y Plano de Instalaciones Hidrosanitarias de Planta Baja de la Cartera Quisapuma	
Elaborado por: Egresado Kelly Punguil	Tutor: Ing. Mg. Geovanny Parcedes
CONTIENE:	
ESCALAS INDICADA	FECHA Diciembre-2017
DIBUJO Kelly Punguil	
LÁMINA 1	2





## SISTEMA BÁSICO DE PRODUCCIÓN PLANTA ALTA IMPLANTACION GENERAL ESCALA 1:1000



Sistema Básico de Producción	
1	CONSERVACIÓN DE LA MATERIA
2	Conservación con sal y remojo.
3	Pelambre
4	Descarado
5	Dividido
6	Piquelado
7	Curtido
8	Escurecido
9	Rebajado
10	Teñido
11	Secado al vacío
12	Molizado
13	Zanrandeado
14	Estacado
15	Lijado
16	Prensado y lacado
17	Medido, Clasificado y Empaquetado

Descripción: Plano arquitectónico y Plano de Instalaciones Hidrosanitarias de Planta Alta de la Curtiembre Quisapincha	
Elaborado por: Egresado Kelly Punguil	Tutor: Ing. Mg. Geovanny Paredes

CONTENIDO: ESCALAS Indicados	FECHA Diciembre-2017
DIBUJO Kelly Punguil	LAMINA <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">2</span>