



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 FIBRA DE COCO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE
MOYOLSA, UBICADA EN LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE
AMBATO**

AUTORA:

JIMENA DEL PILAR YANZA GUANINA

TUTOR:

ING. RODRIGO ACOSTA

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Rodrigo Acosta certifico que la presente tesis de grado **“ANÁLISIS DE LA FIBRA DE COCO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE MOYOLSA, UBICADA EN LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO”** realizado por la Srta. Jimena Del Pilar Yanza Guanina Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la 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 cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Diciembre de 2017

Ing. Mg. Rodrigo Acosta

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Jimena Del Pilar Yanza Guanina, con C.I. 1804983797 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 el tema: **“ANÁLISIS DE LA FIBRA DE COCO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE MOYOLSA, UBICADA EN LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, es de mi completa autoría, a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

Ambato, Diciembre de 2017

Jimena Del Pilar Yanza Guanina

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Diciembre de 2017

Jimena Del Pilar Yanza Guanina

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el Trabajo Experimental, bajo el tema: **“ANÁLISIS DE LA FIBRA DE COCO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE MOYOLSA, UBICADA EN LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, realizado por Jimena Del Pilar Yanza Guanina , egresada de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi guía, y de una u otra manera siempre están presentes con su apoyo y consejos inculcándome a ser mejor, a ser humilde y responsable.

A mi madre, por su apoyo incondicional, por su presencia y por ser ese motivo que me alienta a no rendirme a pesar de los obstáculos que se presenten.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones recibidas y por haberme permitido llegar a concluir esta meta.

Decir que este triunfo es mío sería mentir, este triunfo le corresponde a cada una de las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida a quienes me brindaron sus conocimientos, su tiempo, paciencia, apoyo, lealtad y amistad incondicional alentándome a superar cada obstáculo para concluir con lo que un día empecé.

A todos y cada uno de ustedes no me queda más que decirles un Dios les pague por todo y gracias por mostrarse tal cual son.

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DEL AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	XVI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII

B. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 Recurso Hídrico.....	5
2.1.2 Contaminación Hídrica.....	5
2.1.3 Principales Contaminantes del Agua.....	6
2.1.4 Aguas Residuales.....	6
2.1.5 Tratamiento de Aguas Residuales.....	6
2.1.6 Filtración.....	6
2.1.7 Biofiltración.....	7
2.1.8 Biofiltro.....	7
2.1.9 Composición del Coco.....	7
2.1.10 Fibra de Coco.....	8
2.1.11 Características de la Fibra de Coco.....	8
2.1.12 Curtido.....	8
2.1.13 Etapas del Proceso de Curtido.....	9
2.1.14 Síntesis de los Procesos que Intervienen en el Curtido de Pieles.....	10
2.1.15 Límites de Descarga.....	11
2.1.16 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	12
2.1.17 Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	12
2.1.18 Cromo.....	12
2.1.18.1 Toxicología del Cromo.....	12
2.1.19 Sólidos.....	13
2.2 HIPÓTESIS.....	13
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	13
2.3.1 Variable Independiente.....	13

2.3.2 Variable Dependiente.....	13
---------------------------------	----

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
3.1.1 Exploratorio.....	14
3.1.2 Descriptiva.....	14
3.1.3 De Laboratorio.....	14
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	14
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	16
3.3.1 Variable Independiente.....	16
3.3.2 Variable Dependiente.....	17
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	18
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	19
3.5.1 La Industria.....	19
3.5.1.1 Implantación de la Industria.....	20
3.5.1.2 Proceso Productivo.....	21
3.5.2 Diseño y Elaboración del Filtro.....	22
3.5.2.1 Diseño del Filtro.....	22
3.5.2.2 Estimación del Caudal de Agua Residual.....	23
3.5.2.3 Cálculo del Caudal Necesario.....	23
3.5.2.4 Volumen del Filtro.....	23
3.5.2.5 Proceso de Obtención de la Fibra de Coco.....	24
3.5.2.6 Componentes y Elaboración de Filtro.....	25
3.5.2.7 Funcionamiento del Filtro.....	27
3.5.2.8 Costo del Filtro.....	27

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Recolección de Muestras.....	28
------------------------------------	----

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	28
---------------------------------	----

4.2.1 Tiempo de Retención Hidráulica.....	28
---	----

4.2.2 Resultados de los Análisis Físico-Químico.....	29
--	----

4.2.3 Comparación Gráfica de los Resultados por Parámetros.....	30
---	----

4.2.3.1 Otros Parámetros.....	35
-------------------------------	----

4.2.4 Nivel de Eficiencia por Parámetro.....	37
--	----

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	44
------------------------------------	----

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	45
-----------------------	----

5.2 RECOMENDACIONES.....	46
--------------------------	----

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA.....	47
----------------------	----

2. ANEXOS.....	52
----------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Principales características de la fibra de coco.....	8
Tabla 2.- Límite de descarga máximo permisible.....	11
Tabla 3.- Operacionalización de la variable independiente.....	16
Tabla 4.- Operacionalización de la variable dependiente.....	17
Tabla 5.- Plan de recolección de información.....	18
Tabla 6.- Costo de elaboración del filtro.....	27
Tabla 7.- Cronograma de recolección de muestras.....	28
Tabla 8.- Tiempo de retención hidráulica de la fibra de coco.....	28
Tabla 9.- Resultados por parámetros con descarga al sistema de alcantarillado.....	29
Tabla 10.- Resultados por parámetros con descarga a cauces de agua dulce.....	30
Tabla 11.- Cantidad de pH presente en cada muestra.....	35
Tabla 12.- Conductividad eléctrica.....	36
Tabla 13.- Eficiencia del Filtro por parámetros.....	37
Tabla 14.- Eficiencia de acuerdo a los límites de descarga según TULSMA.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.- Partes de un Coco.....	7
Figura 2.- Proceso de Curtido y Acabado de Pieles.....	10
Figura 3.- Localización de Curtiduría MOYOLSA.....	19
Figura 4.- Estructura del Filtro.....	22
Figura 5.- Componentes del Filtro.....	25
Figura 6.- Componentes del filtro.....	26
Figura 7.- Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado....	31
Figura 8.- Comparación de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado.....	31
Figura 9.- Comparación del Cromo Hexavalente (Cr^{+6}) en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado.....	32
Figura 10.- Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a causas de agua dulce.....	33
Figura 11.- Comparación de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a causas de agua dulce.....	33
Figura 12.- Comparación del Cromo Hexavalente (Cr^{+6}) en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a causas de agua dulce.....	34
Figura 13.- Comportamiento del pH en el transcurso del tiempo.....	35
Figura 14.- Comportamiento de la conductividad en el transcurso del tiempo.....	36
Figura 15.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) con Tiempo.....	38
Figura 16.- Demanda Química de Oxígeno (DQO) con Tiempo.....	38
Figura 17.- Cromo Hexavalente (Cr^{+6}) con Tiempo.....	38
Figura 18.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) con Tiempo.....	41
Figura 19.- Demanda Química de Oxígeno (DQO) con Tiempo.....	42
Figura 20.- Cromo Hexavalente (Cr^{+6}) con Tiempo.....	43
Figura 21.- Escala de pH.....	57

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Curtiembre MOYOLSA.....	19
Imagen 2.- Implantación del Filtro en la Curtiembre.....	26
Imagen 3.- Obtención de la Fibra de Coco.....	52
Imagen 4.- Colocación de la Fibra de Coco en el Recipiente.....	52
Imagen 5.- Fibra de Coco en el Recipiente.....	52
Imagen 6.- Implantación del Filtro en la Industria.....	52
Imagen 7.- Agua Residual.....	53
Imagen 8.- Pre Filtrado del Agua Residual Antes de ser Colocada en el Tanque de Abastecimiento.....	53
Imagen 9.- Llenado del Tanque de Abastecimiento del Filtro.....	54
Imagen 10.- Estado de la Fibra a las Pocas Horas de Funcionamiento del Filtro.....	54
Imagen 11.- Acumulación de Sedimentos en la Placa Superior.....	54
Imagen 12.- Estado de la Fibra a los 15 días de Funcionamiento del Filtro.....	55
Imagen 13.- Estado de la Fibra a los 25 días de Funcionamiento del Filtro.....	55
Imagen 14.- Estado de la Fibra a los 45 días de Funcionamiento del Filtro.....	55
Imagen 15.- Estado de la Fibra a los 60 días de Funcionamiento del Filtro.....	55
Imagen 16.- Estado de la Fibra a los 82 días de Funcionamiento del Filtro.....	56
Imagen 17.- Toma de Muestras.....	56

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ANÁLISIS DE LA FIBRA DE COCO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CURTIEMBRE MOYOLSA, UBICADA EN LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO

Autor: Jimena Del Pilar Yanza Guanina

Tutor: Ing. Mg. Rodrigo Acosta

En el presente proyecto experimental se determinó la eficiencia de la fibra de coco usada como material de empaque en procesos de biofiltración. Para lo cual fue necesario analizar los parámetros físicos- químicos del agua residual como son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), y Cromo Hexavalente Cr^{+6} presentes tanto en el agua sin filtrar como en el agua filtrada por el método propuesto.

Se utilizó en el biofiltro una cavidad para contener la fibra de coco obtenida de manera artesanal, dicha cavidad se encuentra en la parte inferior de una estructura metálica y es abastecida de agua residual por un tanque colocado en la misma estructura en la parte superior de la estructura.

La implantación del biofiltro se realizó dentro de la industria y se controló su funcionamiento durante un período de tiempo de 82 días, en los cuales se realizó la toma de siete muestras, seis de estas muestras corresponden al agua filtrada y una muestra al agua sin filtrar, mismas que fueron analizadas en un laboratorio especializado y los valores de concentración obtenidos de cada parámetro sirvieron para conocer la vida útil de la fibra de coco como también para determinar la eficiencia del proceso de biofiltración.

Los valores obtenidos se compararon con los límites de descarga a un sistema de alcantarillado y con los límites de descarga a un cauce de agua dulce, establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio del Ambiente (TULSMA). Llegando a determinar que el uso de la fibra de coco en procesos de biofiltración contribuye a la disminución de concentración de DBO_5 y DQO aunque estos no cumplen con los límites de descarga establecidos por el TULSMA.

ABSTRACT

Theme: ANALYSIS OF THE COCO FIBER AS A FILTER IN THE WASTEWATER TREATMENT FROM THE MOYOLSA CURTIEMBRE, LOCATED IN THE PISHILATA PARISH OF THE AMBATO CITY

Author: Jimena Del Pilar Yanza Guanina

Tutor: Ing. Mg. Rodrigo Acosta

In the present experimental project, the efficiency of the coconut fiber used as packaging material in biofiltration processes was determined. For which it was necessary to analyze the physical-chemical parameters of the wastewater such as: Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD), and Hexavalent Chromium Cr + 6 present both in the unfiltered water and in the water filtered by the proposed method.

A cavity was used in the biofilter to contain the coconut fiber obtained in an artisanal way, said cavity is in the lower part of a metal structure and is supplied with residual water by a tank placed in the same structure in the upper part of the structure.

The implantation of the biofilter was carried out within the industry and its operation was controlled during a period of 82 days, in which seven samples were taken, six of these samples correspond to filtered water and one sample to the unfiltered water. , which were analyzed in a specialized laboratory and the concentration values obtained from each parameter served to know the useful life of the coconut fiber as well as to determine the efficiency of the biofiltration process.

The values obtained were compared with the discharge limits to a sewerage system and with the discharge limits to a freshwater channel, established by the Unified Legislation of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA). Going to determine that the use of coconut fiber in biofiltration processes contributes to the reduction of BOD5 and COD concentration although these do not comply with the discharge limits established by the TULSMA.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre MOYOLSA, ubicada en la parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato

1.2 ANTECEDENTES

Ante la problemática generada por la contaminación ambiental debido a los procesos de curtido de pieles se han generado diversos estudios de carácter científico con el fin de promover la utilización de diversos materiales para la elaboración de biofiltros como se menciona a continuación:

El artículo “Diseño De Un Biofiltro Para Reducir El Índice De Contaminación Por Cromo Generado En Las Industrias Del Curtido De Cueros”, se realizó con la finalidad de reducir la cantidad de cromo presente en las descargas de agua residual procedente del curtido de pieles, para lo cual se propuso la hoja de café de distintas variedades (variedad caturra, castillo y arábigo) como material filtrante. Al someterlos a la presencia de cromo se evidenció una absorción de cromo entre un 70% a un 90% comprobando de esta manera la eficiencia en el uso de materiales alternativos de origen orgánico como material filtrante [1].

Debido a la alta toxicidad producida por las aguas provenientes de las curtiembres, por su alto contenido de cromo se realizó la siguiente investigación, “Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres”, en el cual se realizó un biofiltro a base de cascarilla de arroz en diferentes formas, como resultado de la calcinación de los mismos siendo estos: ceniza de cascarilla de arroz y carbón activado con ácido fosfórico e hidróxido de sodio como agentes activantes. En el proceso experimental se les realizó pruebas de adsorción y pruebas de absorción atómica; generando mejores resultados el adsorbente que contenía hidróxido de sodio, con un 72,8% de adsorción de cromo presente en el agua contaminada [2].

En la investigación realizada bajo el tema “Caracterización Fisicoquímica y Funcional de La Fibra de Mesocarpio de Coco (cocos nucífera L.)”, se comprobó la factibilidad del uso de la fibra de coco debido a su gran contenido de compuestos lignocelulósicos como lignina, celulosa y hemicelulosa, mismos que le confieren una excelente capacidad de adsorción y retención de agua, además de presentar una muy buena retención de nutrientes e intercambio iónico. La fibra de coco tiene diversos usos en la industria aplicándolo principalmente en la agricultura, construcción, así como potenciales aplicaciones en el tratamiento de efluentes, además de usarlo como medio adsorbente en la eliminación de metales pesados y en la elaboración de medios hidropónicos [3].

La aparición de las primeras curtiembres data del año 1778, aunque el proceso de curtido se remonta a la época de los Jesuitas, dándose una evolución continua tanto en los procesos de curtido, como en los químicos usados en el proceso, hasta llegar al uso de las sales básicas de cromo [4]. El problema que presenta el uso de sales de cromo en el curtido de pieles, es generado por la gran cantidad de curtiembre que no se fija y finalmente se descarga al ambiente en las aguas residuales, causando efectos negativos en el ambiente y a la salud humana [5].

En el Ecuador existen alrededor de 250 curtiembres que se encuentran registradas en la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE), mismas que generan empleo directo a 50 000 personas en diferentes áreas en las que interviene la producción y uso de pieles procesadas [6]. Dichas curtiembres se encargan de producir suela, cueros para calzado, marroquinería y vestimenta, tanto para la producción nacional como internacional exportando cuero procesado a EE UU, Colombia, Venezuela, Perú, Guatemala, Costa Rica, El Salvador y España [7].

Desde la época de la colonia la ciudad de Ambato se ha caracterizado como la principal ciudad en el curtido y confección artesanal de productos con cuero [8]. Contando con alrededor de 200 empresas entre pequeñas, medianas y grandes de las cuales solo 6 poseen licencias ambientales [9].

1.3 JUSTIFICACIÓN

La gestión de productos químicos es importante para un desarrollo sostenible y posterior erradicación de enfermedades y mejoramiento de la salud, la importancia de tomar medidas para reducir la producción de desechos peligrosos conlleva al análisis de métodos científicos que ayuden a este fin [10]. América Latina se destaca como generador de grandes volúmenes de residuos con alta carga contaminante, que requiere urgente atención para minimizar la generación y el impacto de sus desechos [11].

En Ambato y sus alrededores varias de estas industrias envían sus residuos a los ríos y contaminan sus aguas, que luego son consumidos por personas, regadío de cultivos y en la alimentación de los animales, generando problemas para el medio ambiente y la salud de los seres vivos, volviéndose necesario el tratamiento de estas aguas [9].

El uso de procesos de purificación como la utilización de biofiltros representa una alternativa viable y diferente a procesos fisicoquímicos para el tratamiento de aguas residuales. Esta puede efectuarse mediante la utilización de la fibras vegetales siendo estas un residuo agroindustrial, de gran producción, el cual posee propiedades adsorbentes, donde se establece la purificación en una sola operación y cuyo objetivo es la disminución de contenido de cromo y partículas contaminantes que posee el agua luego del proceso de curtido de pieles[12].

La fibra de coco siendo un recurso amigable con el medio ambiente posee un equilibrio óptimo entre retención de agua y capacidad de aireación, gran capacidad de retención, además esta puede ceder o absorber calor con rapidez [13]. Por lo cual se propone el tratamiento de las aguas residuales provenientes de curtiembres mediante el uso de un filtro con fibra de coco, con el fin de disminuir la cantidad de cromo que estas contiene, minimizar la contaminación ambiental y permitir la eliminación segura al medio ambiente, para la posterior reutilización del agua.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Analizar la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre MOYOLSA, ubicada en la Parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Conocer la infraestructura y funcionamiento de la curtiembre MOYOLSA.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la curtiembre MOYOLSA.
- Monitorear las características de biodegradabilidad DBO₅, DQO y Cromo de las cargas residuales provenientes de los procesos de curtiduría, en su origen luego del proceso de filtración.
- Determinar si la fibra de coco puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiduría.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Recurso Hídrico

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta dispuesta en varias formas y lugares: en la atmósfera, en la superficie, bajo la tierra y en los océanos [14]. En conclusión, las estimaciones llevadas a cabo vienen a establecer que el 100% del agua total del planeta se distribuye de la siguiente manera: 97,47% de agua salina, 2,53% de agua dulce, 1,76% de los glaciares y capas polares, 0,76% de agua subterránea y 0,01 % de lagos, ríos y atmósfera [15].

2.1.2 Contaminación Hídrica

La contaminación hídrica es un subproducto de las actividades económicas y sociales [16]. La Ley de Aguas de 1985, define la contaminación de agua como “la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, introducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, implique una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica” [17].

2.1.3 Principales Contaminantes del Agua

- a) Microorganismos patógenos: corresponden bacterias, virus, protozoarios y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, etc.
- b) Desechos orgánicos: corresponden los de residuos producidos por los seres humanos, animales, etc.
- c) Sustancias químicas inorgánicas: corresponden ácidos, sales y metales tóxicos como mercurio, plomo, cromo, etc.
- d) Nutrientes vegetales inorgánicos: corresponden nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo.

- e) Compuestos orgánicos: refiriéndose a moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plástico, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc.
- f) Sedimentos y material suspendido: corresponden partículas arrancadas del suelo
- g) Sustancias radiactivas: corresponden isótopos radiactivos solubles.
- h) Contaminación térmica: refiriéndose al agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales [18].

2.1.4 Aguas Residuales

La generación de aguas residuales es una consecuencia inevitable como resultado de las actividades humanas. Estas actividades modifican las características de las aguas de partida, contaminándolas e invalidando su posterior uso [17].

De acuerdo a su procedencia se pueden clasificar en: aguas residuales domésticas o aguas negras, aguas blancas o atmosféricas, aguas residuales industriales y aguas residuales agrícolas [19].

2.1.5 Tratamientos de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas. La finalidad de estas operaciones es obtener agua con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la contaminación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas contaminadas como su destino de uso [20].

2.1.6 Filtración

La filtración es el proceso de retiro de sólidos suspendidos y la disminución de los agentes contaminantes mediante el paso del agua a través de una tela permeable o una cama de material poroso. De acuerdo a los requerimientos para su posterior uso y los niveles de contaminación presente se debe elegir el tipo de filtración más conveniente [21].

2.1.7 Biofiltración

Este proceso de biofiltración es uno de los más antiguos que se ha aplicado en el tratamiento de aguas, y su objetivo es la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, que no han sido retenidos mediante otros procesos [22]. Aquí se utiliza material orgánico para capturar y degradar de forma biológica a los contaminantes y los compuestos odoríferos presentes en la aguas residuales [23].

2.1.8 Biofiltro

Se conoce como un biofiltro a aquellos filtros que utilizan materiales orgánicos como empaque (paja, pasto, madera, turba, fibras, etc.). El efluente, aguas residuales, son rociados en la superficie del biofiltro y escurren por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica o componentes químicos contaminantes, los cuales son consumidos por la actividad microbiológica oxidándola y degradándola [24].

2.1.9 Composición del Coco

Del peso total de la semilla de coco, el 65% lo constituye la nuez y el 35% restante corresponde a la parte fibrosa [25]. El coco está constituido por una parte blanda (pulpa) de donde se obtiene aceites comestibles, grasas, confites, etc., también está constituido por el mesocarpo de donde se obtiene la fibra o estopa misma que se puede clasificar en tres tipos que son: fibra larga y fina, fibra tosca y fibra corta [26], identificando las partes del coco como se muestra en la **Figura 1** [27]

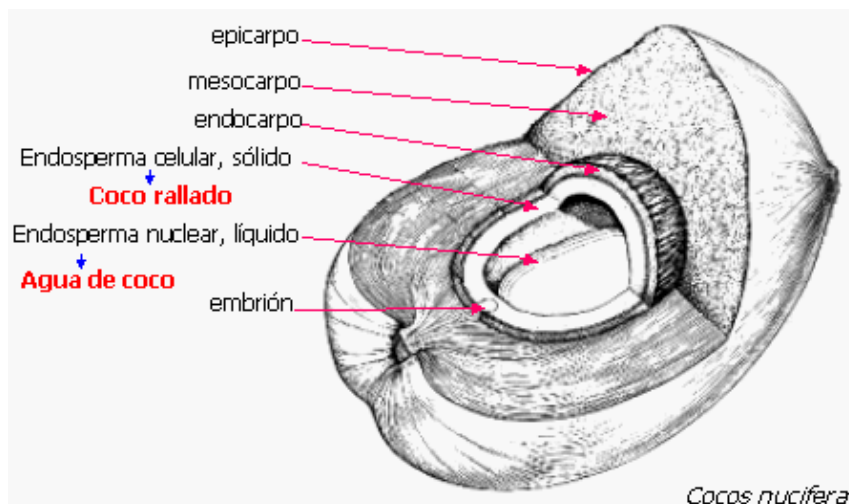


Figura 1.- Partes de un Coco

2.1.10 Fibra de Coco

La fibra de coco es un material orgánico que se obtiene del mesocarpio fibroso del fruto. Estructuralmente es una de las fibras más duras y en comparación con otras es más corta. El diámetro medio de las fibras es de aproximadamente 1 mm. La gran utilidad de ésta radica en su capacidad para estirarse. Además, su flotabilidad y la gran resistencia que posee ante la acción de las bacterias y al agua salada, que la hacen una fibra única [25]. Debido a su elevada capacidad de aireación incluso cuando está completamente saturada no representa un atentado contra el medio ambiente [28].

2.1.11 Características de la Fibra de Coco

Las principales características de la fibra de coco se resumen a continuación en la **Tabla 1.** [23]

Tabla 1. Principales características de la fibra de coco

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Densidad Aparente	80-111	Kg/m ³
Porosidad	96	%
pH	6	-
Porcentaje de aireación	10 - 40	%
Materia Orgánica	85-95	%
Nitrógeno Total	0,51	%

2.1.12 Curtido

La curtición es un proceso industrial que requiere grandes cantidades volúmenes de agua para la transformación de un material putrescible en un material imputrescible, apto para su utilización, en productos manufacturados [29]. Las pieles, luego de ser limpiadas de sus grasas, carnazas, y pelos o lanas, son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos que interaccionan con las fibras de colágeno para obtener un cuero estable y durable. Las operaciones y procesos para la producción de cuero se agrupa en tres etapas: etapa de ribera, etapa de curtido y etapa de acabado [7].

2.1.13 Etapas del Proceso de Curtido

- **Etapa de Ribera**

Llamado también de limpieza, aquí se realiza la recepción de la materia prima y se elimina la grasa, carne y pelo, hasta el dividido de pieles [23]. Es la etapa que presenta el mayor consumo de agua y su efluente presenta un elevado pH. La etapa de rivera devuelve el estado húmedo inicial a aquellas pieles que se conservaron antes de ser llevadas a la curtiembre; también permite la limpieza y desinfección de éstas antes de comenzar el proceso de pelambre [7].

- **Etapa de Curtido**

Comprende las operaciones y procesos que preparan la piel para ser curtida y transformada en cuero; al final de la etapa genera un efluente con pH bajo. Los procesos de descalcado, desengrase y purga eliminan la cal, el sulfuro y las grasas contenidas en la piel y limpian los poros de la misma [7]. Además en esta etapa se realiza el curtido con cromo, mismo que facilita la obtención de cueros de textura suave y calibre delgado para la aplicación en el calzado y marroquinería aquí se generan efluentes con altos contenidos de sales y ácidos [28].

- **Etapa de Acabado**

Comprenden las operaciones y procesos que dan al cuero las características finales que requiere para la confección de diferentes artículos. En esta etapa se procede al recurtido, teñido, secado, suavizado y pintado final del producto. No hay una generación importante de residuos líquidos ni de alta carga contaminante, pero sí presenta efluentes coloreados debido a los tintes utilizados y volúmenes importantes de residuos sólidos [7].

2.1.14 Síntesis de los Procesos que Intervienen en el Curtido de Pieles

Para la obtención de pieles intervienen una serie de procesos que se esquematizan de manera ordenada a continuación en la **Figura 2** [30].

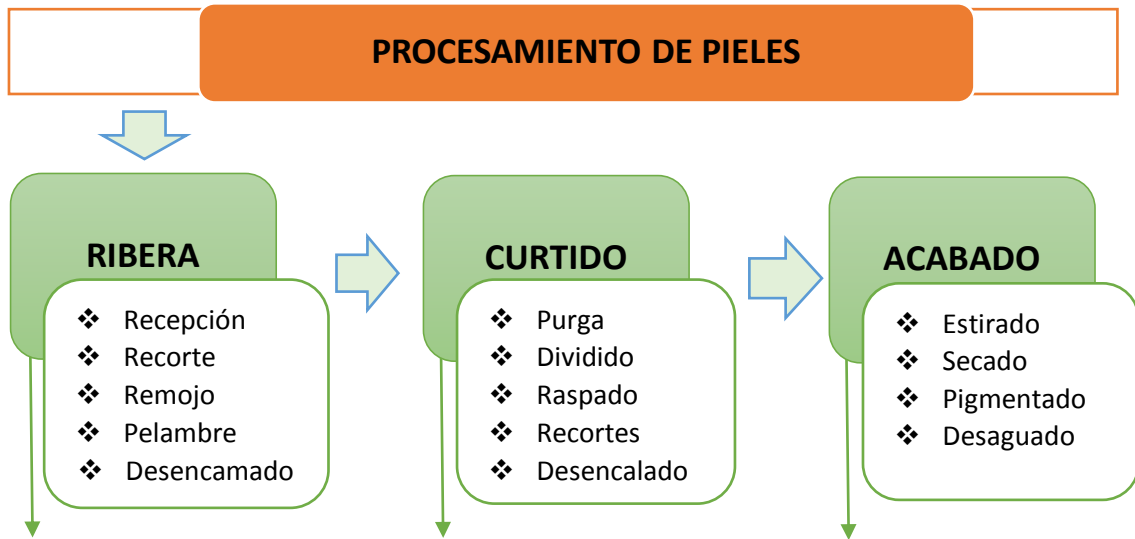


Figura 2. Proceso de Curtido y Acabado de Pieles.

Remojo: hidratación de la piel, eliminación de toda suciedad que contenga la piel.

Pelambre: proceso por el cual se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio.

Descamado: proceso mecánico para la eliminación de la grasa natural.

Purga: complementa la eliminación de las proteínas no estructuradas, y una acción sobre la limpieza de la flor, proporcionando mayor elasticidad a la piel.

Dividido: separación de las partes interna y externa de la piel.

Raspado: dar un espesor definido y homogéneo al cuero.

Recorte: proceso por el cual se elimina las partes del cuero que no van a tener una utilización posterior.

Desencalado: Lavado de la piel para la remoción de la cal.

Piquelado: preparación química de la piel para el proceso de curtido, permitiendo la difusión del curtiente hacia el interior de la piel sin que se fije en las capas externas del colágeno.

Desaguado: proceso mecánico para la eliminación del exceso de humedad.

Pigmentación: coloración de la piel mediante anilinas de acuerdo a las necesidades [31].

2.1.15 Límites de Descarga

De acuerdo al TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua la cual nos indica los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas industriales en cuerpos de agua dulce o sistemas de alcantarillado, de acuerdo a los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua, para las actividades industriales inmersas a la curtidurías como son: Adobo y teñido de pieles; fabricación de artículos de piel; Curtido y adobo de pieles, se indican los siguientes límites de descarga esquematizado en la **Tabla 2 [32]** .

Tabla 2. Límites de descarga máximo permisible

Parámetros	Expresado como	Unidad	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua dulce
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	200	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500	200
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5	0,5
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220	130
Aceites y Grasas	Solubles en Hexano	mg/l	70	30
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Tenso activos	Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/l	2	0,5

2.1.16 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad equivalente de oxígeno en mg/l necesario para oxidar la materia orgánica presente en el agua por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua. Esta prueba se realiza durante 5 o 3 días a 20 °C por lo que se expresa como DBO ó DBO₅. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables [33].

2.1.17 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aeróbicos presentes en el agua. Además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presente en las aguas residuales [34].

2.1.18 Cromo

El cromo es un metal de transición duro, frágil, color blanco agrisado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión [35], este es descargado con los baños de curtición en forma soluble, pero cuando se mezclan con aguas de desecho de otros procesos (especialmente) si existe proteínas en el efluente), se da lugar a una reacción rápida que forma precipitados cromo- proteína, que aumentan la generación de lodos. Los materiales que se forman son altamente resistentes al rompimiento biológico de las bacterias, obstruyendo los procesos de tratamiento [36].

2.1.18.1 Toxicología del Cromo

El Cr se absorbe por vía oral, respiratoria o dérmica. La toxicidad se debe a los derivados Cr(+6) que, contrariamente a los Cr(+3) penetran en el organismo por cualquier vía con mayor facilidad. El Cr(+6) es considerado carcinógeno del grupo I por la International Agency for Research on Cancer (IARC), mientras que el Cr(+3) no ha sido comprobado como carcinogénico [35].

2.1.19 Sólidos

Se considera como sólidos a las partículas de materia orgánica o inorgánica pudiendo ser sólidos sedimentables, flotantes y en suspensión, capaz de formar depósitos de variadas características pero generalmente con olor y color desagradables. Las partículas en suspensión reducen la penetración de la luz solar en el agua, afectando procesos biológicos que depende de ella [37]. El contenido de sólidos es un parámetro bien significativo, la cantidad y tamaño dependen del tipo de agua. [18].

2.2 HIPÓTESIS

La biofiltración sobre una cama de fibra de coco disminuye la cantidad de contaminantes que contiene el agua residual procedente del curtido de pieles.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente:

La biofiltración sobre una cama de fibra de coco.

2.3.2 Variable Dependiente:

Disminución de los contaminantes presentes en el agua proveniente del curtido de pieles.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Exploratorio

Por medio de esta investigación se podrá establecer en nivel de eficiencia del uso de la fibra de coco en procesos de biofiltración de agua residual proveniente del curtido de pieles.

3.1.2 Descriptiva

Mediante esta investigación se podrá identificar el comportamiento del material filtrante al estar expuesto al agua residual y el comportamiento del agua residual proveniente del curtido de pieles antes y después de ser filtrada.

3.1.3 De Laboratorio

Este tipo de investigación se la realiza en un laboratorio para identificar los niveles de contaminación del agua residual proveniente del curtido de pieles.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población**

La población se representa de acuerdo a la cantidad de agua residual generada por la industria en un determinado tiempo y se la representa de la siguiente manera:

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

Donde:

VAR: Volumen de agua residual

t: tiempo (días, semanas, meses)

x: cantidad de agua residual

$$VAR = \frac{300 \text{ lt}}{1 \text{ dias}}$$

$$VAR = 300 \text{ lt/día}$$

- **Muestra**

La muestra se representa mediante el volumen de agua necesario para el funcionamiento diario del biofiltro, tomando en cuenta que en la curtiembre se labora de lunes a viernes.

$$55 \text{ gal} * 5 \text{ días} = 275 \text{ gal} * \text{ semana}$$

Se trataron 3465 galones de agua residual proveniente del curtido de pieles durante tres meses, tiempo que duró la investigación.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

La biofiltración sobre una cama de fibra de coco

Tabla 3. Operacionalización de la Variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El uso de la fibra de coco no es muy usual en los procesos de biofiltración, esta técnica se basa en permitir que el agua a tratar circule a través de la fibra dando origen a procesos depurativos.	Fibra de coco	Medio filtrante orgánico	¿Cuál es el comportamiento del medio filtrante?	Tabla de control diario
			¿Cuál es la vida útil del medio filtrante?	Tabla de control diario

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

3.3.2 Variable Dependiente

Disminución de los contaminantes presentes en el agua proveniente del curtido de pieles.

Tabla 4. Operacionalización de la Variable Dependiente

CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTO
La disminución de los agentes contaminantes se logra por medio de procesos de retención, acumulación o destrucción de los contaminantes presentes en el agua proveniente del curtido de pieles.	Disminución de contaminantes	<p>DBO₅</p> <p>DQO</p> <p>Cr⁺⁶</p>	<p>¿Cuál es el nivel de DBO₅?</p> <p>¿Cuál es el nivel de DQO?</p> <p>¿Cuál es la cantidad de cromo presente?</p>	<p>APHA 5210 B</p> <p>APHA 5220 D</p> <p>APHA 3500 B</p>

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 5. Plan de recolección de información

PREGUNTAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Qué evaluar?	El comportamiento y la eficiencia del uso de la fibra de coco en los procesos de biofiltración de aguas residuales provenientes de un proceso específico.
2. ¿De qué objetos?	De la aguas residuales provenientes de los proceso de curtido y pelambre de pieles.
3. ¿Qué aspectos?	Propiedades físico – químico (DBO ₅ , DQO, Cr ⁺⁶) del agua antes y después del proceso de filtración.
4. ¿Quién evalúa?	Jimena Del Pilar Yanza Guanina
5. ¿Dónde?	Laboratorio de Análisis de Aguas
6. ¿Cómo y con qué?	Mediante ensayos físicos y químicos del agua filtrada durante un tiempo de 90 días. Además de realizar un análisis del estado inicial y final del material filtrante siendo nuestro caso la fibra de coco.

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

- **Plan de Procesamiento de la Información**

- Revisión de la información obtenida
- Clasificación de los resultados obtenidos de acuerdo a las variables de la hipótesis.
- Representación gráfica de los resultados obtenidos de los análisis realizados.

- **Plan de Análisis e Interpretación de Resultados**

- Interpretación de los resultados obtenidos.
- Comprobación de la hipótesis planteada.
- Elaboración de las conclusiones y recomendaciones.

3.5.1 La Industria

La Curtiembre “MOYOLSA”, está ubicada, en la Av. Real Audiencia y Praxiteles, barrio La Habana, perteneciente a la parroquia de la parroquia Pishilata, del cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua como se muestra en la **Imagen 1**.



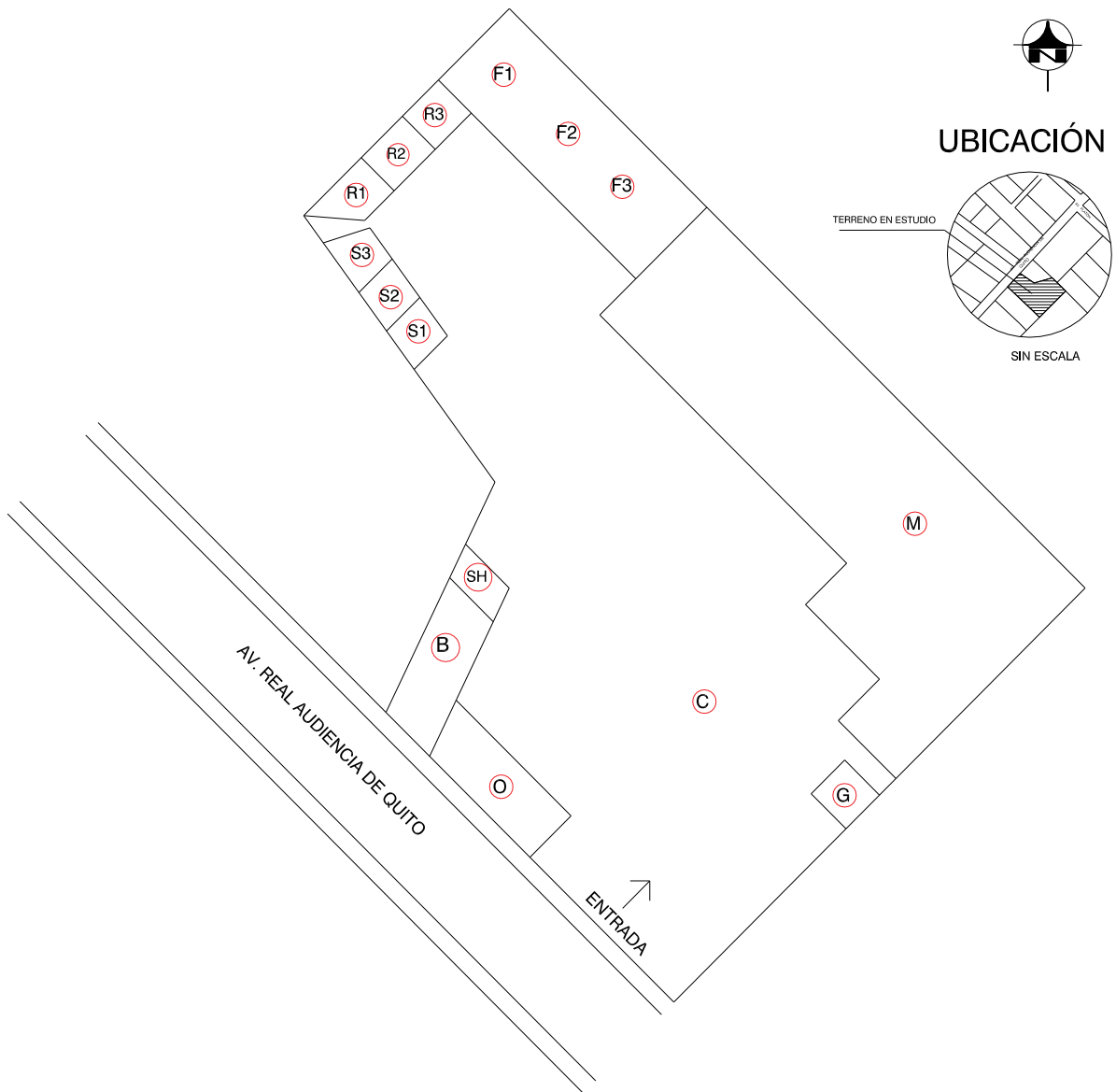
Figura 3.- Localización de Curtiduría MOYOLSA

Fuente: Google Maps



Imagen 1.- Curtiembre “MOYOLSA”

3.5.1.1 Implantación de la Industria



SIMBOLOGÍA	
○	OFICINA
SH	SERVICIO HIGIENICO
B	BODEGA
C	ZONA DE CARGA Y DESCARGA
G	GUARDIANIA
M	ZONA DE MAQUINARIA
S1 S2 S3	SEDIMENTADORES
R1 R2 R3	TANQUES DE REMOJO
F1 F2 F3	FULONES

CURTIDURÍA MOYOLSA	
CONTIENE: PLANO DE LA DISPOSICIÓN DE AMBIENTES	DIRECCIÓN: Av. Real Audiencia de Quito
REALIZADO POR: JIMENA YANZA	SECTOR: Barrio La Habana
	LÁMINA: 1 de 4
	ESCALA: 1:50

3.5.1.2 Proceso Productivo

El proceso productivo inicia con la obtención de pieles que resultan del faenamiento del ganado vacuno en diferentes camales de la provincia de Tungurahua, una vez obtenidas son trasladadas hacia la curtiembre para pasar por los Proceso de Rivera, Proceso de Curtido y Proceso de Acabado, para luego ser proporcionados a los pequeños manufactureros de la zona quienes se encargan de la elaboración principalmente de guantes y calzado de cuero.

Debido a la oferta y demanda de las pieles a nivel Provincial la producción no se encuentra estandarizada por lo cual se puede estimar una producción de 100 pieles semanales, siendo este un valor variable dependiendo de la cantidad de materia prima obtenida.

3.5.2 DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL FILTRO

3.5.2.1 Diseño del Filtro

El diseño del filtro se basa en la teoría de funcionamiento de los Filtros Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), mismos que se caracterizan por permitir el tratamiento aguas residuales tanto domesticas como industriales y con altas cargas de DQO, en los que se propone la utilización de diferentes materiales para la elaboración de los filtros. Para el tratamiento del agua residual proveniente de la curtiembre MOYOLSA se ha propuesto el uso de la fibra de coco como material de empaque, la estructura se ha adaptado de acuerdo al área proporcionada en la industria como se muestra en la **Figura 4**, y la finalidad del diseño del filtro es la disminución de las sustancias contaminantes presentes en dicha agua residual.

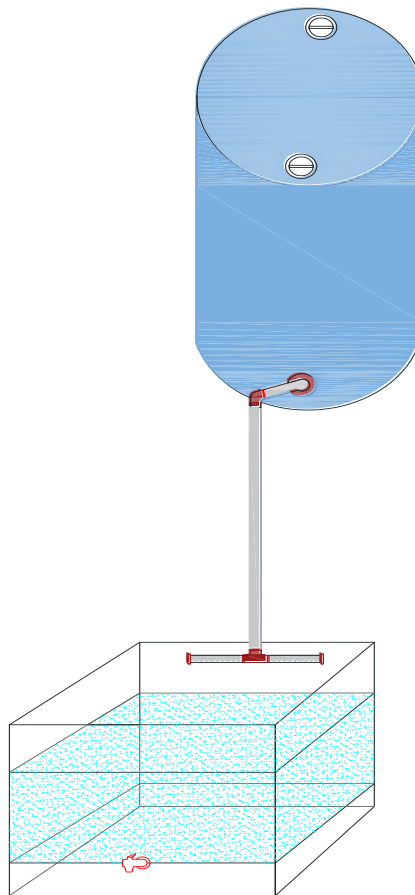


Figura 4.- Estructura del Filtro

3.5.2.2 Estimación del Caudal de Agua Residual

Al no estar estandarizada la cantidad de pieles que se procesan semanalmente, no se puede mencionar un caudal constante diario, además de incidir la variación de cantidad de agua necesaria para la realización de los diferentes procesos productivos, por lo cual se estima la generación de un caudal de agua residual de 300 litros al día.

3.5.2.3 Cálculo del Caudal Necesario

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35}{Q} \quad [38]$$

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

$$Q = \frac{35}{5,25 \text{ horas}} = 6,67 \frac{lt}{h} = 0,111 \text{ lt/min}$$

$$Q = 0,111 \frac{lt}{min} = \frac{60 \text{ min}}{1h} = \frac{24h}{1día} = 159,84 \text{ lt/día}$$

$$Q = 159,84 \frac{lt}{día} = \frac{1 \text{ gal}}{3,78 \text{ lt}} = 42,29 \frac{gal}{día}$$

Donde:

V: volumen de gasto diario (lt)

Q: Gasto en el afluente (lt/min)






TRH: Tiempo de retención hidráulica (h)

3.5.2.4 Volumen del filtro

Para la elección del tanque de almacenamiento del filtro se ha calculado un consumo diario de 42,29 lt más un incremento de 12,71 lt adicionales por seguridad, obteniendo así un volumen de 55 lt que deben ser abastecidos cada 24 horas. Con este volumen se garantizando la provisión de agua residual para el funcionamiento del filtro.

3.5.2.5 Proceso de Obtención de la Fibra de Coco

Inicialmente se los cocos se obtuvieron de las ventas ambulantes que se realizan en la ciudad de Ambato.

PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO	
<p>1.- Dividir del coco en dos partes para facilitar su manipulación.</p> 	<p>2.- Lavar de los cocos con agua para la eliminación de partículas extrañas</p>
<p>3.- Con la ayuda de un martillo y a base de golpes se tritura los cocos obteniendo pedazos más manejables.</p> 	<p>4.- Separación manual de las fibras de coco, aquí únicamente se conserva únicamente el mesocarpio.</p> 
<p>5.- Se dejó secar la fibra de coco al ambiente durante 10 días las condiciones climáticas de los días de secado fueron días nublados.</p> 	<p>6.- Se cortó la fibra de coco en pedazos comprendidos entre 3cm – 5cm.</p> 

3.5.2.6 Componentes y Elaboración del Filtro

La elaboración del filtro se la describirá en dos fases

Fase 1

Sobre una estructura metálica se localiza un tanque plástico de 55 lt, mismo que servirá para el almacenamiento del agua residual proveniente de la curtiembre, y del cual por medio de instalaciones hidráulicas se conduce al agua hasta la bandeja de recolección colocada en la parte inferior, como se muestra en la **Figura 5**.

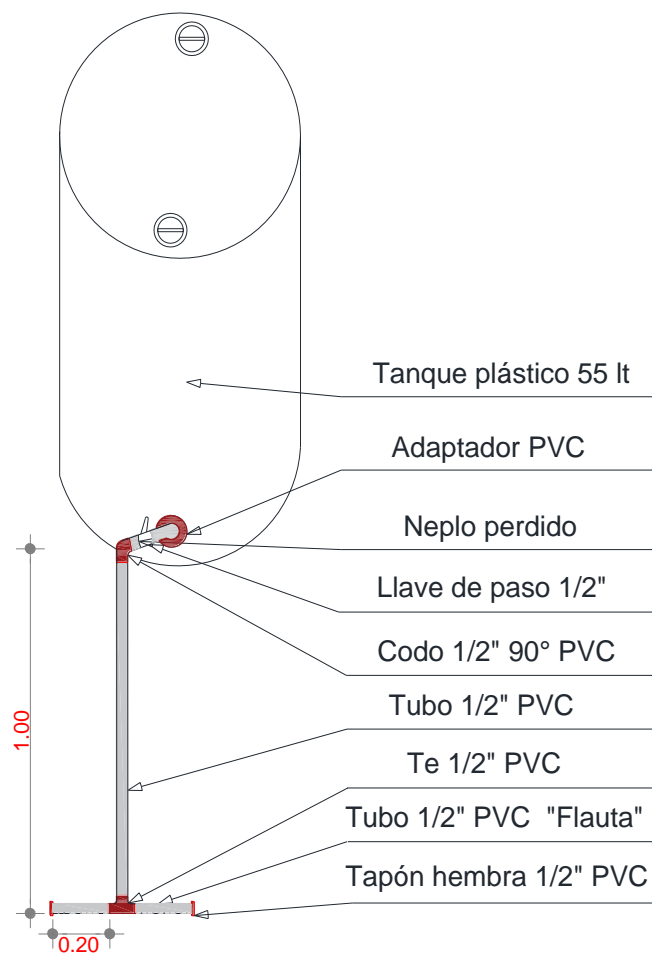


Figura 5.- Componentes del Filtro.

Fase 2

La bandeja de recolección contendrá una placa inferior con una canaleta central para la conducción del agua filtrada, sobre esta placa se colocó la fibra de coco, tratando que exista la menor cantidad de espacios posible, a una distancia aproximada de 5 cm, en la parte superior de la fibra se colocó una placa de tol con agujeros como se muestra en la **Figura 6**, con el fin de distribuir de manera uniforme el agua residual que llega desde el tanque de abastecimiento.

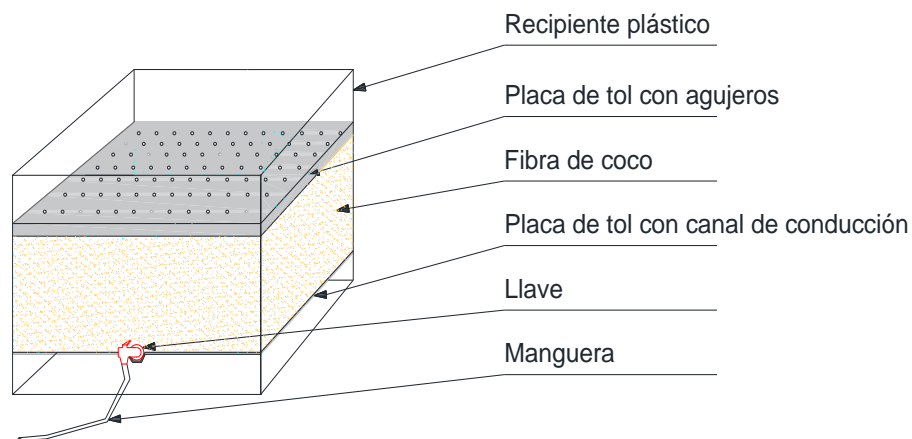


Figura 6.- Componentes del filtro

Una vez obtenido todos los materiales se implantó el filtro dentro de la industria como se muestra en la **Imagen 2**.



Imagen 2.- Implantación del Filtro en la Curtiembre

3.5.2.7 Funcionamiento del Filtro

Una vez finalizados los procesos que general agua residual esta es conducida a unos tanques sedimentadores que se encuentran conectados en serie mismos que proporcionan un pretratamiento antes de ser evacuados al sistema de alcantarillado. El agua residual proveniente del último sedimentador es usada para el llenado del tanque plástico de 55 lt, que antes de colocar el agua en el filtro se realiza un pre filtrado con la ayuda de una tela de nilón y un colador para evitar el taponamiento del tanque o del filtro por presencia de sólidos, el proceso de llenado se realiza cada 24 horas por cinco días a la semana siendo estos los días en que labora la industria y durante 90 días tiempo de análisis del proyecto experimental. Diariamente se debe realizar la limpieza de la placa de tol superior debido a la acumulación de sólidos, y cada 15 días se debe realizar una limpieza del tanque de abastecimiento del filtro.

3.5.2.8 Costo del Filtro

En la **Tabla 6** se detalla el costo de los materiales usados para la elaboración del filtro.

Tabla 6. Costo de elaboración del filtro

DETALLE	CANTIDAD	V. UNITARIO \$	V. TOTAL \$
Estructura metálica	1	50,00	50,00
Tanque de 55 lt	1	20,00	20,00
Recipiente plástico	1	18,00	18,00
Recipiente de recolección	1	2,00	2,00
SikaBond AT Metal	1	20,00	20,00
Placa de tol	2	20,00	40,00
Tubo 1/2" PVC	1	2,00	2,00
Manguera	1	3,00	3,00
Adaptador para tanque	1	5,00	5,00
Llave de paso metálica 1/2"	1	2,80	2,80
Llave plástica	1	2,50	2,50
Te 1/2" PVC	1	0,80	0,80
Tapón hembra 1/2" PVC	2	0,50	1,00
Codo 1/2" PVC	1	0,50	0,50
Teflón	1	1,00	1,00
Neplo 1/2"	1	0,50	0,50
Colador	1	1,50	1,50
Tela nilón	2	1,25	2,50
Fibra de coco	1	3,00	3,00
TOTAL \$			176,1

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Recolección de Muestras

La biofiltración se realizó durante 82 días, para el análisis se usó el agua residual correspondiente a los procesos de curtido y pelambre, se tomó una muestra inicial que corresponde al agua residual sin filtrar, y cada 15 días se tomó muestras del agua residual filtrada para el respectivo análisis como se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Cronograma de recolección de muestras.

MUESTRA		PARÁMETROS A ANALIZAR
1	28 Julio	DBO₅ : Demanda Bioquímica de Oxígeno DQO : Demanda Química de Oxígeno Cr⁺⁶ : Cromo hexavalente
2	11 Agosto	
3	25 Agosto	
4	8 Septiembre	
5	22 Septiembre	
6	6 Octubre	
7	13 Octubre	

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Tiempo de Retención Hidráulica

Tabla 8. Tiempo de retención hidráulica de la fibra de coco

TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA	
Material:	Fibra de coco
Tiempo de retención:	14 minutos
Observaciones:	Para la obtención del tiempo de retención hidráulica se realizó la filtración tres veces tomando un valor promedio. Para cada filtración se utilizó 1 litro de agua residual.

4.2.2 Resultados de los Análisis Físico – Químico

En la **Tabla 8**, se muestran los resultados de los análisis del agua residual sin filtrar (muestra N°1) y filtrada, expresados en un cuadro comparativo de los parámetros físicos – químicos con los límites máximos de descarga al sistema de alcantarillado según TULSMA.

Tabla 8. Resultados por parámetros con descarga al sistema de alcantarillado

DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO						
ANÁLISIS	DBO ₅	Límite Máx. DBO ₅	DQO	Límite Máx. DQO	Cr ⁺⁶	Límite Máx. Cr ⁺⁶
N° 1	1920	200	2750	500	0,058	0,5
N° 2	1280	200	2450	500	0,035	0,5
N° 3	760	200	1800	500	0,051	0,5
N° 4	498	200	933	500	0,06	0,5
N° 5	750	200	1517	500	0,06	0,5
N° 6	460	200	967	500	0,04	0,5
N° 7	912	200	1800	500	0,04	0,5

Fuente: Informe de Análisis Físico – Químico Total Chemistry

En la **Tabla 9**, se muestran los resultados de los análisis del agua residual sin filtrar (muestra N°1) y filtrada, expresados en un cuadro comparativo de los parámetros físicos – químicos con los límites máximos de descarga a cauces de agua dulce según TULSMA.

Tabla 9. Parámetros con descarga a cauces de agua dulce

DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE						
ANÁLISIS	DBO ₅	Límite Máx. DBO ₅	DQO	Límite Máx. DQO	Cr ⁺⁶	Límite Máx. Cr ⁺⁶
N° 1	1920	100	2750	200	0,058	0,5
N° 2	1280	100	2450	200	0,035	0,5
N° 3	760	100	1800	200	0,051	0,5
N° 4	498	100	933	200	0,06	0,5
N° 5	750	100	1517	200	0,06	0,5
N° 6	460	100	967	200	0,04	0,5
N° 7	912	100	1800	200	0,04	0,5

Fuente: Informe de Análisis Físico – Químico Total Chemistry.

4.2.3 Comparación Gráfica de los Resultados por Parámetros

Se realiza una comparación gráfica de cada uno de los parámetros analizados con los valores obtenidos en el transcurso del tiempo de análisis con el límite máximo permisible para la descarga al sistema de alcantarillado según TULSMA, respectivamente en la **Figura 7, 8 y 9**.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

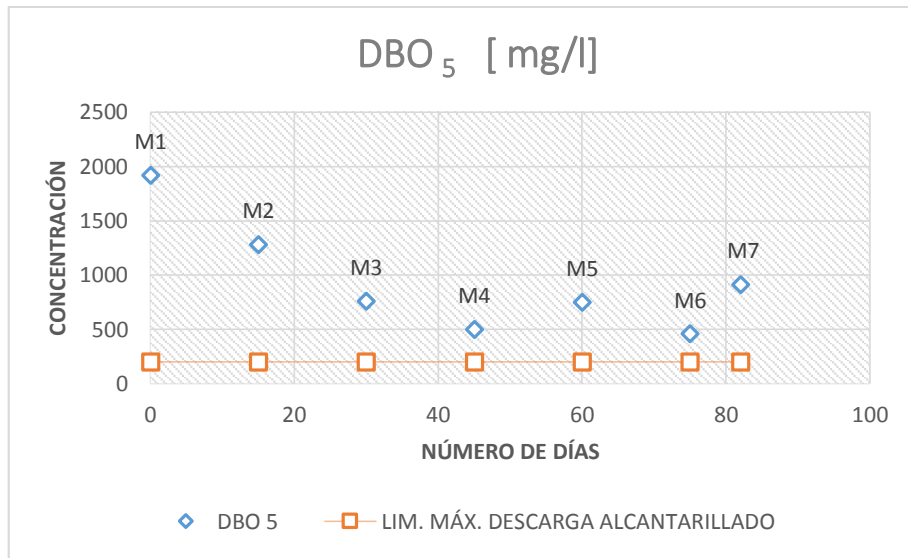


Figura 7.- Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

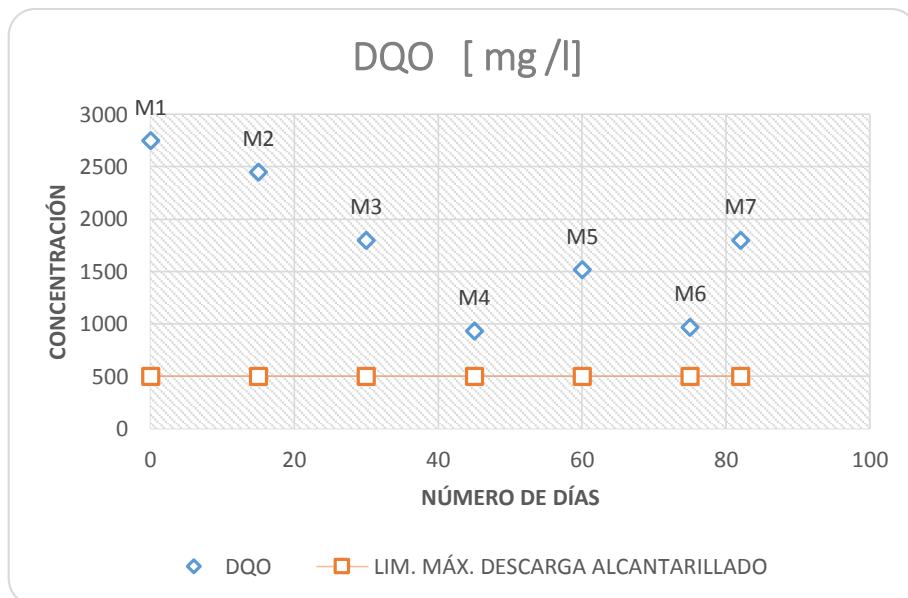


Figura 8.- Comparación de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado.

- **Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶)**

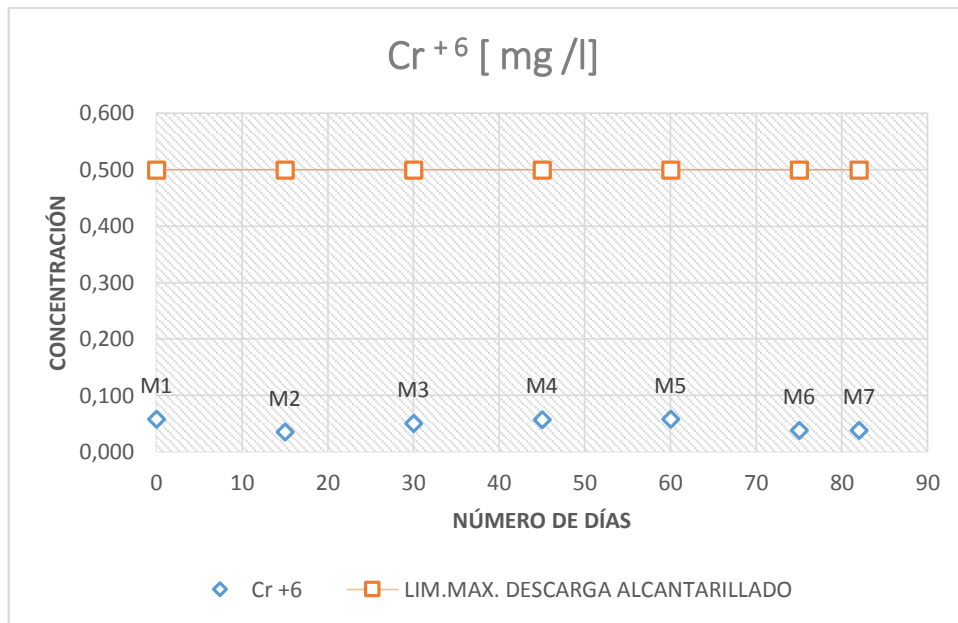


Figura 9.- Comparación del Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶) en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar al sistema de alcantarillado.

Se realiza una comparación gráfica de cada uno de los parámetros analizados con los valores obtenidos en el transcurso del tiempo de análisis con el límite máximo permisible para la descarga a un cauce de agua dulce según TULSMA, respectivamente en la **Figura 10, 11 y 12.**

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

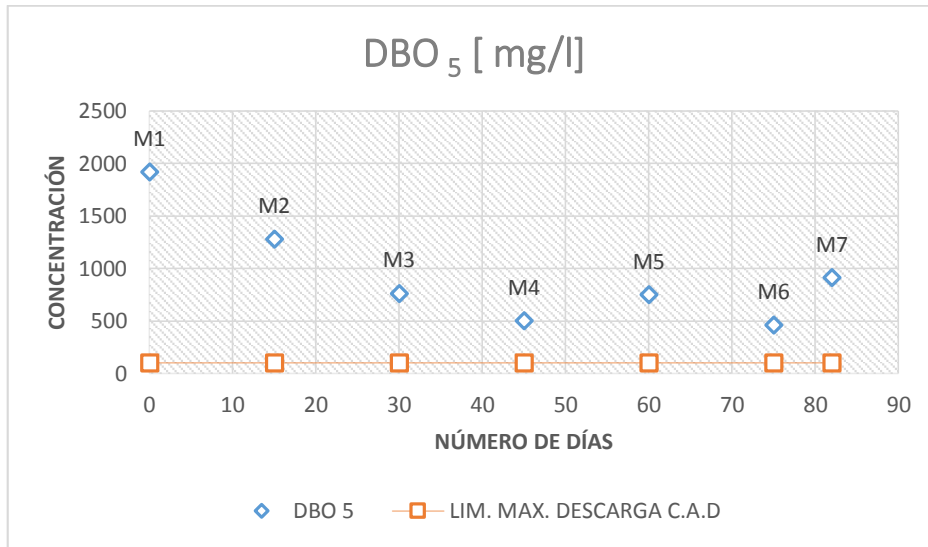


Figura 10.- Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a cauces de agua dulce.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

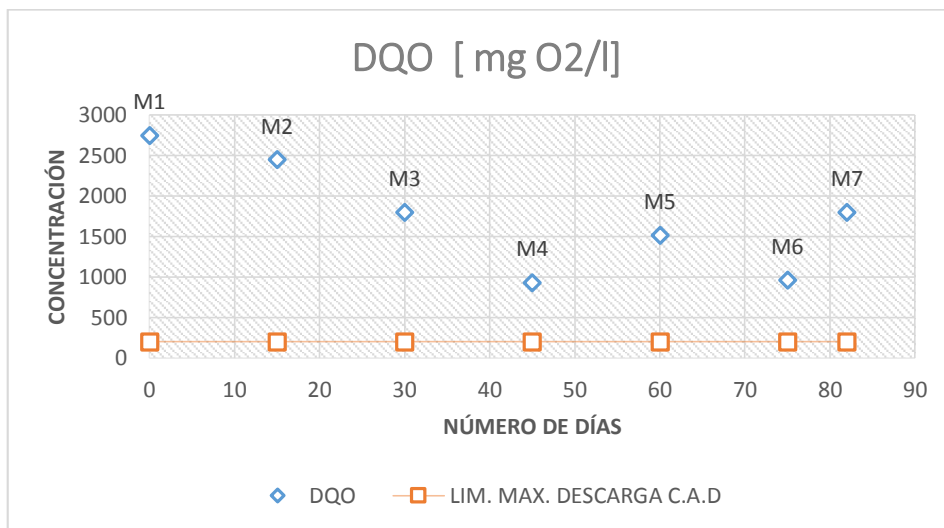


Figura 11.- Comparación de la Demanda Química de Oxígeno en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a cauces de agua dulce.

- **Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶)**

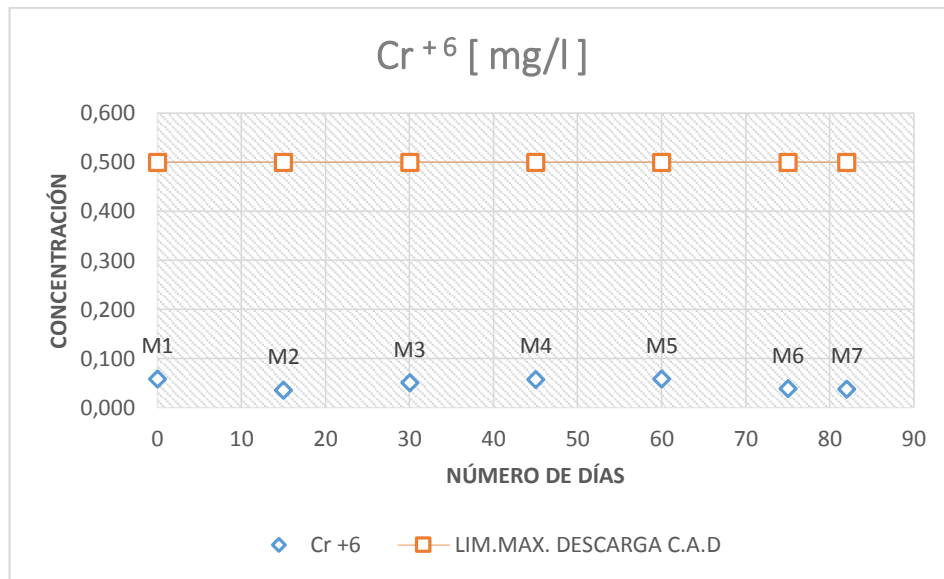


Figura 12.- Comparación del Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶) en el transcurso del tiempo con el límite máximo permisible para descargar a causas de agua dulce.

4.2.3.1 Otros Parámetros

- pH

Tabla 10. Cantidad de pH presente en cada muestra.

Nº DÍAS	MUESTRA	pH
0	M1 - Sin Filtrar	10,55
15	M2 - Filtrada	7,1
30	M3 - Filtrada	8,6
45	M4 - Filtrada	8
60	M5 - Filtrada	10
75	M6 - Filtrada	6,2
82	M7 - Filtrada	7,8

Fuente: Informe de Análisis Físico – Químico Total Chemistry

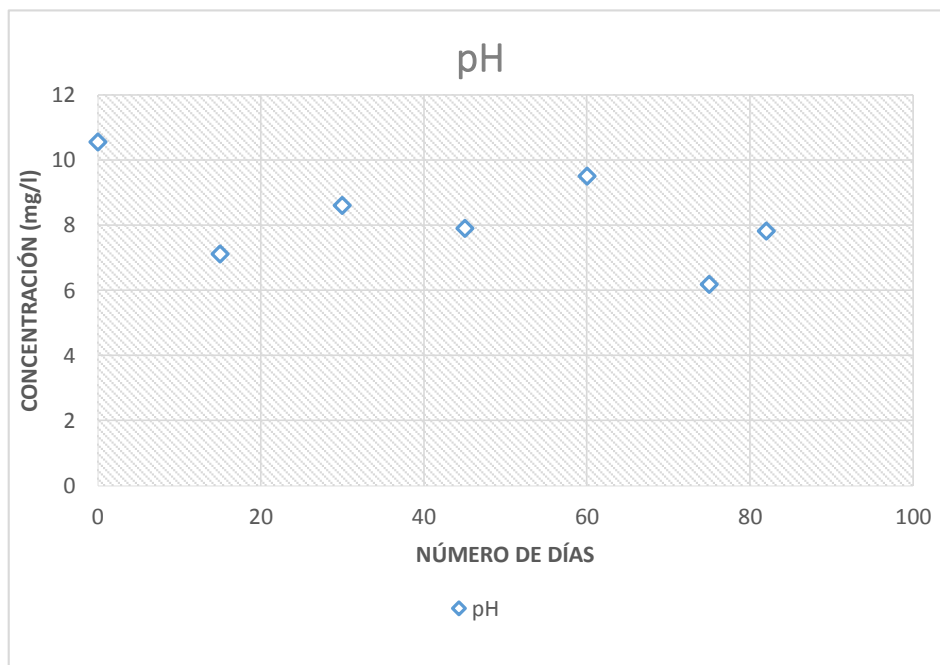


Figura 13.- Comportamiento del pH en el transcurso del tiempo.

- **Conductividad ms/cm**

Tabla 11. Conductividad eléctrica

N° DÍAS	MUESTRA	Conductividad ms/cm
0	M1 - Sin Filtrar	5,62
15	M2 - Filtrada	8,60
30	M3 - Filtrada	8,45
45	M4 - Filtrada	21
60	M5 - Filtrada	16
75	M6 - Filtrada	18,8
82	M7 - Filtrada	16,5

Fuente: Informe de Análisis Físico – Químico Total Chemistry

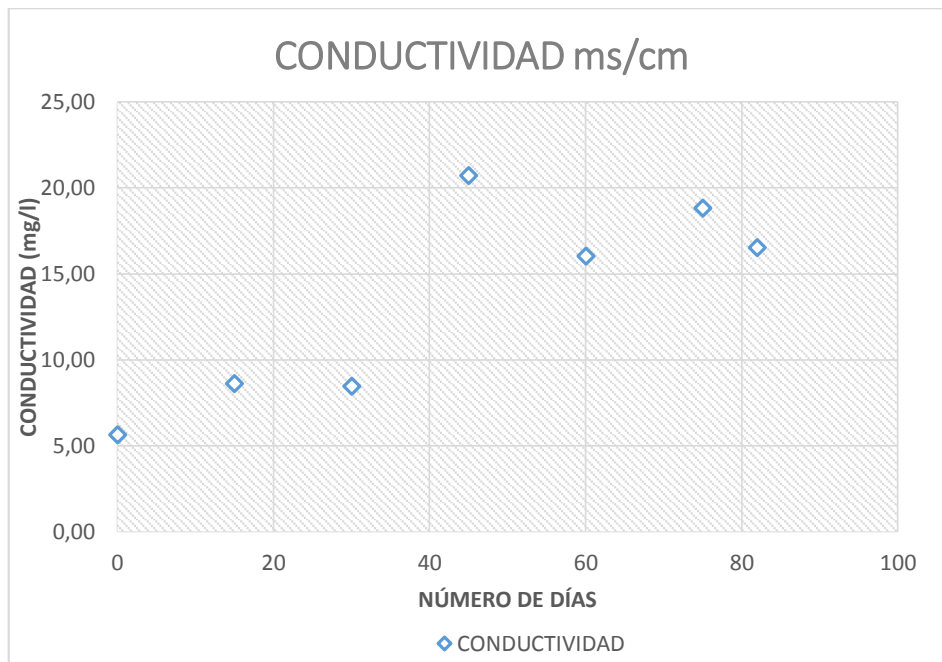


Figura 14.- Comportamiento de la conductividad eléctrica en el transcurso del tiempo.

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

4.2.4 Nivel de Eficiencia por Parámetro

La eficiencia se calculará de acuerdo al incremento o disminución de concentración de cada parámetro a través del tiempo con respecto a la muestra de agua no filtrada para lo cual se aplicará la siguiente ecuación y los resultados numéricos se expresan en la **Tabla 12** y los resultados gráficos se expresan en la **Figura 15, 16 y 17**.

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100 \quad [39]$$

Donde:

Ef: Eficiencia

Co: Concentración Inicial

Cf: Concentración final

Tabla 12. Eficiencia del filtro por parámetros.

EFICIENCIA POR PARÁMETROS							
ANÁLISIS	Días	PARÁMETROS					
		DBO ₅ mg/L	Eficiencia %	DQO mg/L	Eficiencia %	Cr ⁺⁶ mg/L	Eficiencia %
Nº 1	0	1920	0	2750	0	0,058	0
Nº 2	15	1280	33,33	2450	10,91	0,035	39,66
Nº 3	30	760	60,42	1800	34,55	0,051	12,07
Nº 4	45	498	74,06	933	66,07	0,06	-3,45
Nº 5	60	750	60,94	1517	44,84	0,06	-3,45
Nº 6	75	460	76,04	967	64,84	0,04	31,03
Nº 7	82	912	52,50	1800	34,55	0,04	31,03

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

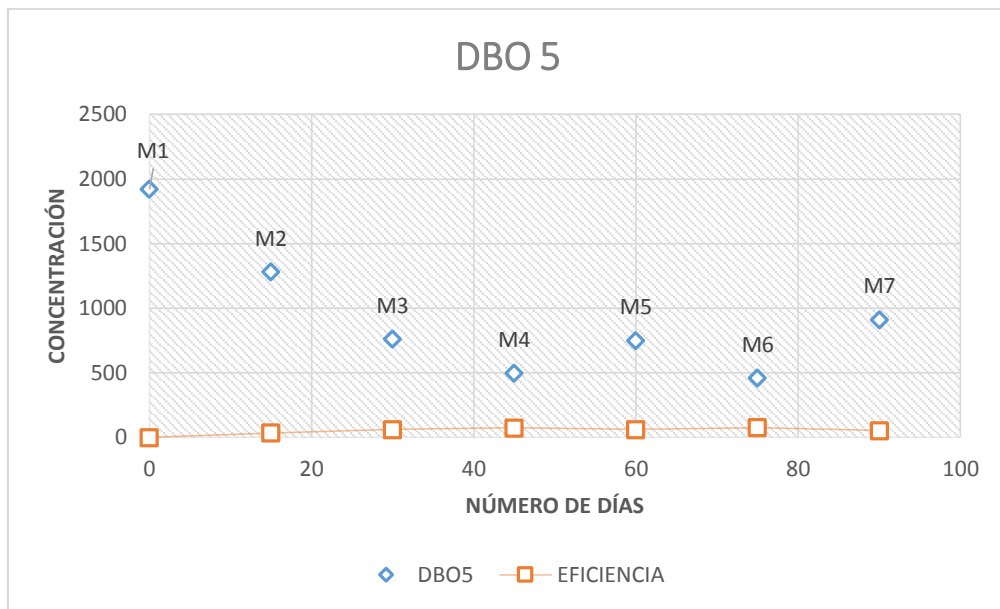


Figura 15.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con Tiempo
Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

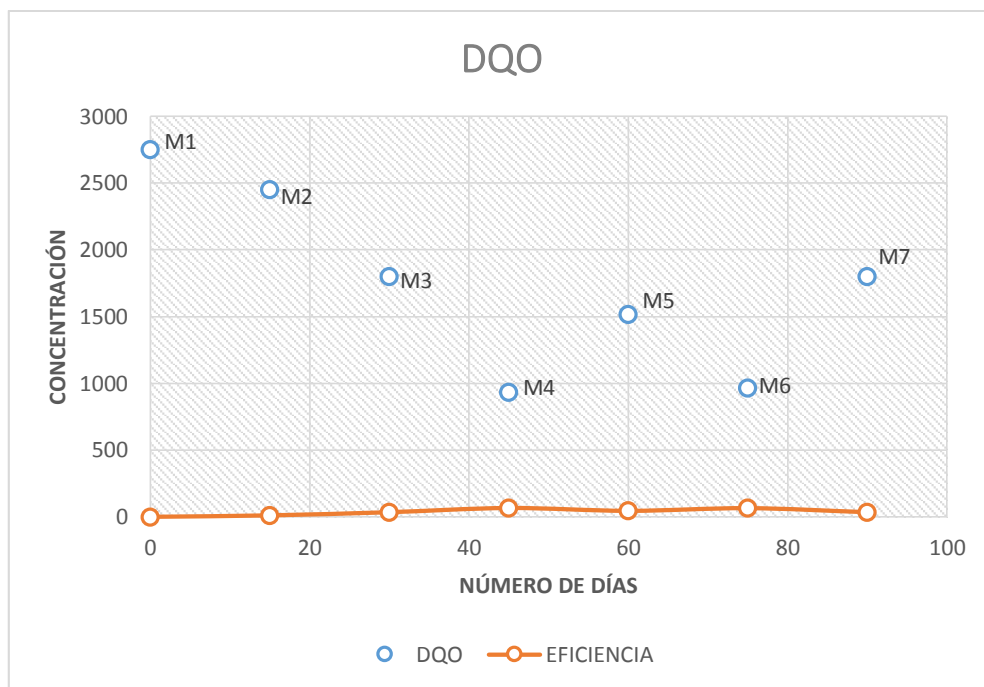


Figura 16.- Demanda Química de Oxígeno (DQO) con Tiempo
Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

- **Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶)**

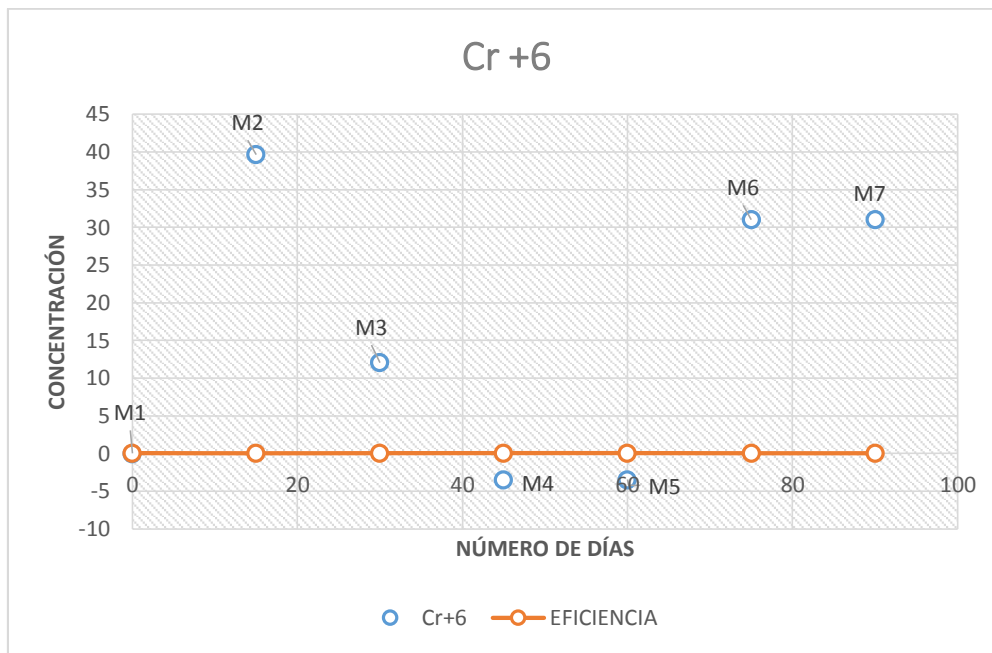


Figura 17.- Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶) con Tiempo
Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

Una vez obtenido los resultados de los análisis de las siete muestras, se realiza una comparación con los límites de descarga a un sistema de alcantarillado establecido en la tabla N° 9 del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, 2015. Los resultados numéricos se expresan en la **Tabla 12** y los resultados gráficos se expresan en la **Figura 18, 19 y 20**.

Tabla 13. Eficiencia de acuerdo a los límites de descarga según TULSMA

EFICIENCIA POR PARÁMETROS							
ANÁLISIS	DÍAS	PARÁMETROS					
		DBO ₅ mg/L	Eficiencia %	DQO mg/L	Eficiencia %	Cr ⁺⁶ mg/L	Eficiencia %
N° 2	15	1280	33,33	2450	10,91	0,035	39,66
N° 3	30	760	60,42	1800	34,55	0,051	12,07
N° 4	45	498	74,06	933	66,07	0,06	-3,45
N° 5	60	750	60,94	1517	44,84	0,06	-3,45
N° 6	75	460	76,04	967	64,84	0,04	31,03
N° 7	82	912	52,50	1800	34,55	0,04	31,03

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

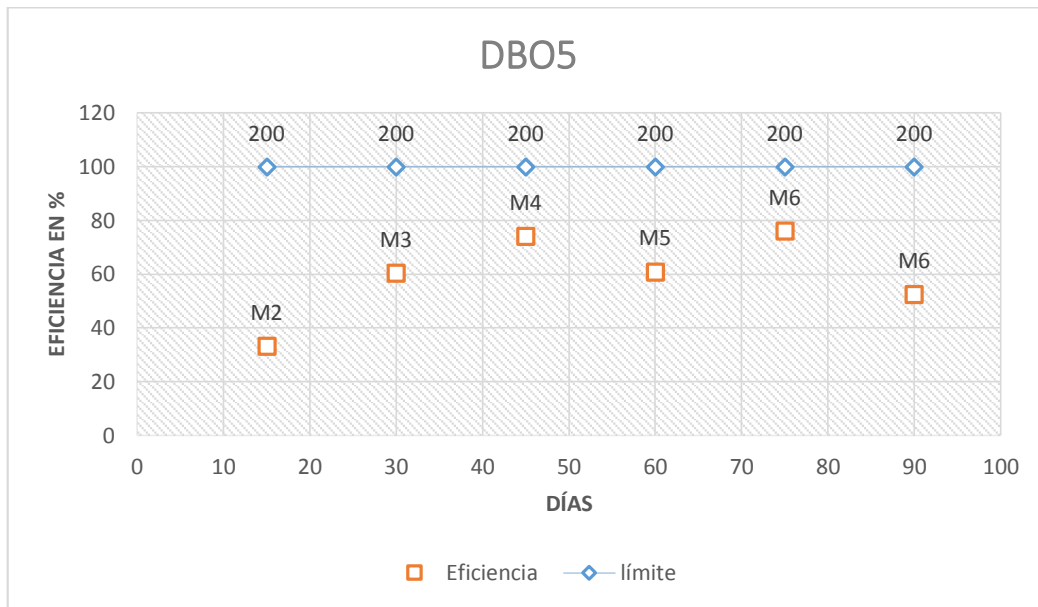


Figura 18.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con Tiempo

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

INTERPRETACIÓN:

El límite de descarga de DBO₅ establecido por el TULSMA para un sistema de alcantarillado es 200 mg/l que representa el 100 %. De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis del agua residual y la comparación establecida se puede indicar que: en la muestra N° 1 la concentración de DBO₅ del agua no filtrada es de 1920 mg/l, en la muestra N° 4 tomada a los 45 días la concentración de DBO₅ del agua filtrada es de 498 mg/l, que equivale una eficiencia de un 74,06%, en la muestra N° 5 tomada a los 60 días la concentración de DBO₅ del agua filtrada es de 750 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 60,94%, en la muestra N° 6 tomada a los 75 días la concentración de DBO₅ del agua filtrada es de 460 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 76,04%, y finalmente en la muestra N° 7 tomada a los 82 días la concentración de DBO₅ del agua filtrada es de 912 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 52,50%.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

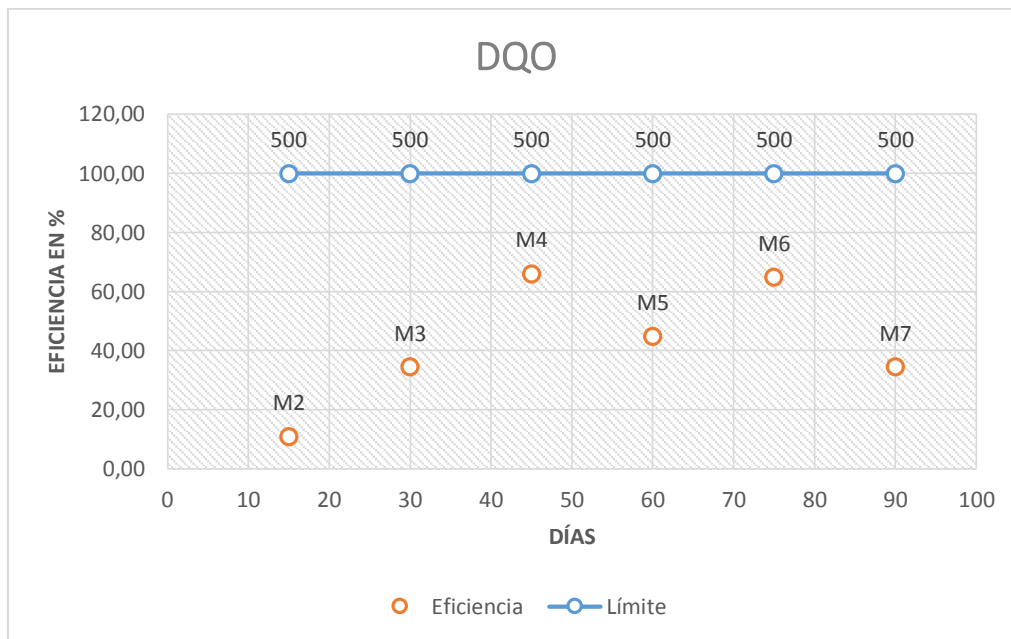


Figura 19.- Demanda Química de Oxígeno (DQO) con Tiempo

Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

INTERPRETACIÓN:

El límite de descarga de DQO establecido por el TULSMA para un sistema de alcantarillado es 500 mg/l que representa el 100%. De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis del agua residual y la comparación establecida se puede indicar que: en la muestra N° 1 la concentración de DQO del agua no filtrada es de 2750 mg/l que equivale a una eficiencia de un 10,91%, en la muestra N° 4 tomada a los 45 días la concentración de DQO del agua filtrada es de 933 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 66,07%, en la muestra N° 5 tomada a los 60 días la concentración de DQO del agua filtrada es de 1517 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 44,84%, en la muestra N° 6 tomada a los 75 días la concentración de DQO del agua filtrada es de 967 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 64,84% y finalmente en la muestra N° 7 tomada a los 82 días la concentración de DQO del agua filtrada es de 1800 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 34,55%.

- **Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶)**

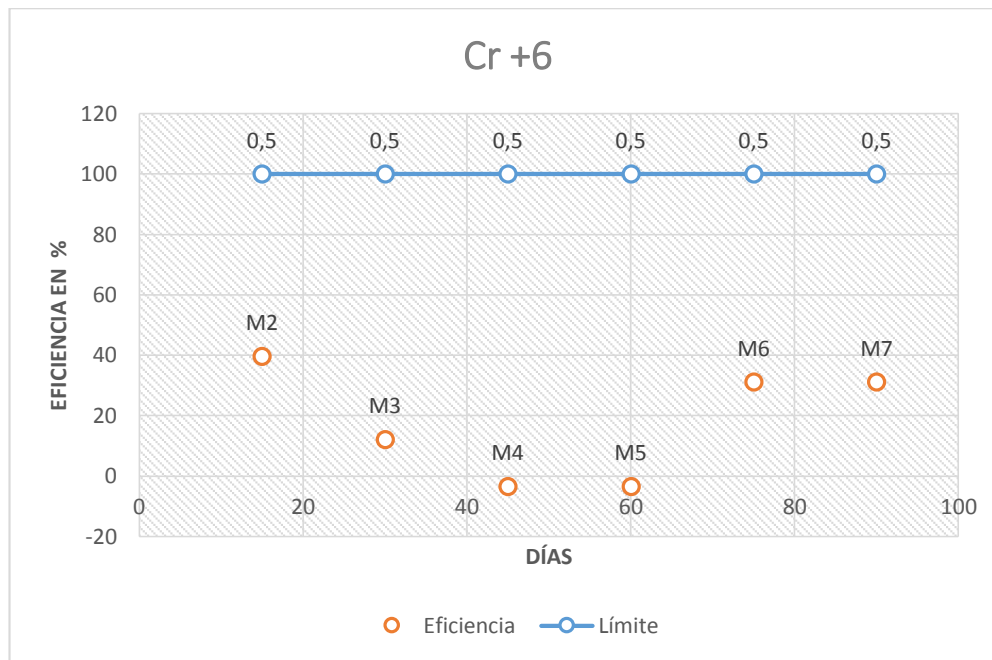


Figura 20.- Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶) con Tiempo
Elaborado por: Jimena Del Pilar Yanza Guanina, 2017.

INTERPRETACIÓN:

El límite de descarga de Cr⁺⁶ establecido por el TULSMA tanto para un sistema de alcantarillado como para un cauce de agua dulce es de 0,5 mg/l que representa el 100%. La presencia de Cr⁺⁶ en la fase inicial, del agua residual sin filtrar es de 0,058 mg/l que equivale a una eficiencia de un 39,66%, en la muestra N° 2 tomada a los 15 días la concentración de Cr⁺⁶ del agua filtrada es de 0,035 mg/l, que equivale a una eficiencia de un 12,07%, en las muestras N° 4 y N° 5 que corresponde a los 45 y 60 días respectivamente se observa un incremento en la concentración de Cr⁺⁶ a un 0,06 mg/l, y finalmente en las muestras N° 6 y N° 7, correspondientes a los 75 y 82 días respectivamente se observa una disminución en la presencia del Cr⁺⁶ con un 0,08 mg/l que equivale a una eficiencia de un 31,03%.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

El agua residual procedente del curtido de pieles se trató durante un período de tiempo de 82 días, con un sistema de biofiltración a base de fibra de coco, con el cual se obtuvo una reducción considerable de la carga contaminante en cuanto al DBO₅, DQO y Cr⁺⁶.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua sin filtrar fue de 1920 mg/l, que disminuye notablemente a los 75 días de iniciado el proceso de biofiltración tomando un valor máximo de eficiencia igual a 76,04%, no llegando a cumplir con los límites de descarga establecido por el TULSMA.
- La Demanda Química de Oxígeno del agua sin filtrar fue de 2750 mg/l, a los 45 días de funcionamiento del biofiltro la concentración se reduce a 933 mg/l, obteniendo la máxima eficiencia con un valor de 66,07%, mejorando así las propiedades del agua residual pero no llegando a cumplir con los límites de descarga establecido por el TULSMA.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se observa una variación de eficiencia presente entre los 45 y 75 días de iniciado el proceso de biofiltración por lo que se concluye que el reacomodo de la fibra de coco realizado a los 65 días, contribuyó a elevar la eficiencia del filtro por un corto período de tiempo.
- Durante el tiempo de análisis la fibra de coco no presentó daños visualmente significativos como pudrición, por lo que se le atribuye propiedades de durabilidad ante la exposición al agua residual.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se asume que la fibra de coco utilizada en proceso de biofiltración del agua residual proveniente del curtido de pieles tiene una vida útil de 45 días.
- El tiempo de retención hidráulica de la fibra de coco expuesto al agua residual procedente del curtido de pieles es de 14 min.
- En cuanto a la concentración de Cr^{+6} que se encuentra por debajo de los límites de descarga establecidos por el TULSMA.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un pre filtrado del agua residual antes de que esta sea colocada en el tanque de abastecimiento del filtro, con el fin de disminuir la cantidad de solidos que ingresan al tanque. Debido a la acumulación de sedimentos en el tanque es necesario realizar la limpieza del tanque cada 15 días con el fin de evitar el taponamiento de la tubería.
- Es necesario realizar la limpieza diaria de la placa superior de distribución del agua de la bandeja de recolección para evitar la acumulación de sedimentos.
- Realizar una investigación con materiales adicionales de tratamiento, que ayuden al pre filtrado del agua residual procedente del curtido de pieles que contribuyan al mejoramiento de los procesos de descontaminación del agua.
- Investigar la influencia del tamaño de la fibra de coco en los sistemas de biofiltración de aguas residuales con el fin de recabar información de este material de fácil adquisición en los procesos de biofiltración.
- Debido a la carga contaminante de agua residual en estudio el biofiltro debe funcionar con un flujo de agua constante de entrada y salida evitando el estancamiento de agua para la obtención de resultados reales.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Oscar F. Higuera, Juan F. Arroyave y Luis C., Florez, “Diseño De Un Biofiltro Para Reducir El Índice De Contaminación Por Cromo Generado En Las Industrias Del Curtido De Cueros.” , DYNA, Volumen 76, 2008, pp.1-13.
- [2] Yansy M. Rodríguez, Lizbeth P. Salinas, Carlos A. Ríos y Luz Y. Vargas., “Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres” , 2012, pp.
- [3] J. Ricón, P. Ricón, M. Torres, A. Modragón, M. Sanchez, A. Arana, A. Ortiz, E. Jimenez., “Caracterización Fisicoquímica y Funcional de La Fibra de Mesocarpio de Coco (cocos nucífera L.)”, Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2016, pp.
- [4] Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa “El sector de las manufacturas de cuero en la Argentina ”, [Online] Available: http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_ARGENTINA/ARG_25.pdf. [Accessed: 29-Jun-2017]
- [5] O. Higuera, J. Arroyave, L. Florez. “Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros”, Universidad tecnológica de Pereira, Colombia, Oct. 10,2008, pp.
- [6] El Comercio. “El precio del cuero aumenta debido a su escasez”, 27 de Junio de 2014, [Online] Available: <http://www.elcomercio.com/actualidad/precio-cuero-aumenta-debido-escasez-industria-calzado-tungurahua-ecuador.html>. [Accessed: 2-Jul-2017]
- [7] Curtiembre Renaciente S.A. “Reseña histórica”, 2012, [Online] Available: http://www.renaciente.com/renaciente/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=18. [Accessed: 2-Jul-2017]

- [8] V. Salinas, “El cuero producción industrial y artesanal en el Ecuador”. Tesis de Grado, Universidad de Azuay, Cuenca - Ecuador, 2014. 15-24.
- [9] E Universo, “Solo 6 de 200 empresas de Tungurahua con licencia ambiental”, Ecología, 14 de Enero 2009, [Online] Available:: <http://www.eluniverso.com/2009/01/14/1/1430/64E0503930B54ADD882CF8167AE7237D.html>. [Accessed: 8-Jul-2017]
- [10] Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente. “Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional”, 2016, [Online] Available: http://bvs.minsa.gob.pe/local/gob/934_gral1341.pdf . [Accessed: 2-Jul-2017]
- [11] A. Zárate, C. Rojas, J. Porst, , “Guía técnica para la minimización de residuos en curtiembres”, Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y ciencias del Ambiente, Lima –Perú, 1993, 117
- [12] Y. Rodríguez, L. Salinas, C. Ríos, L. Vargas. “Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres”, Biotecnología y agroindustria, Colombia, Ene.- Jun. 2012, pp.
- [13] Ispemar, “Fico - fibra de coco”, Soluciones agrícolas naturales, España, 7, 2010. [Online] Available: <http://www.cocopeatfertilizer.com/img/archivos/fico/catalogo-es.pdf>. [Accessed: 24-Jul-2017]
- [14] GreenFacts, “Recursos Hídricos”, Resumen de 2do informe de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, Bélgica 2009, [Online] Available: <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>. [Accessed: 24-Jul-2017]
- [15] J. Pérez, M. Merino, “Recurso Hídrico”, Definición .De, 2016, [Online] Available:

- [16] L. Barba, “Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición”, Universidad del Valle, Cali – Colombia, 2002. 29-32
- [17] “Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas”, Secretaria Alianza por el agua / Ecología y Desarrollo, Editorial Ideasmares, 264, [Online] Available: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>. [Accessed: 7-Sep -2017]
- [18] C. Arnáiz, L. Isac, J. Lebrato “Tratamiento Biológico de Aguas Residuales”, Revista Tecnología del Agua, Sevilla - España, 2000, pp. 7.
- [19] M. Espigares, J. Pérez, “Aguas Residuales Composición”, Universidad de Granada, 1985, [Online] Available: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf. [Accessed: 10-Sep-2017]
- [20] Diseño y proyectos reunidos, “Plantas de tratamiento de aguas”, DISEPROSA, Madrid España, 2004.
- [21] Tecnología en Breve, “Filtración”, National Environmental Service Center, Estados Unidos, 2009, 4, [Online] Available: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/filtration_DWPSOM139.pdf. [Accessed: 11-Sep-2017]
- [22] A. Arango, “La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua”, Revista LASALLISTA de Investigación, Vol. 1, Antioquia - Colombia, 2004, pp. 61-66.
- [23] Burés Profesional, SA., “Biofiltro de fibra de coco”, Centro de desarrollo de la montaña, Santiago de Chile, Junio 2012, 3.

- [24] Fundación Chile, “Tecnología de biofiltros”, Gobierno de Chile CONAMA, Universidad del Valle, Chile, [Online] Available: http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_07.pdf. [Accessed: 15-Sep-2017]
- [25] K. Alvarado, A. Blanco, A. Taquechel, “Fibra de coco. Una alternativa ecológica como sustrato agrícola”, Centro de desarrollo de la montaña, Santiago de Cuba, Marzo 2008, 2.
- [26] S. Quintero, L. González, “Uso de fibra estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto”, Ingeniería & Desarrollo, Colombia, 7, Diciembre 2006, pp.
- [27] “Partes del coco nucífera”, [Online] Available: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/images24/sem8.gif>. [Accessed: 16-Sep-2017]
- [28] “Beneficios fibra de coco”, Polemix,, [Online] Available: <http://www.pelemix.com/es/empresa/beneficiosfibradecoco>. [Accessed: 25-Sep-2017]
- [29] A. Quijano, C. Castillo, I. Meléndez, “Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la Ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia”, Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica, Colombia, Junio 2015, pp.
- [30] Comisión Nacional del Medio Ambiente – Región Metropolitana, “Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial”, 1999.
- [31] “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial”, Comisión Nacional del Medio Ambiente – Región Metropolitana, Santiago de Chile, Junio, 1999. 72.

- [32] “Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua, Libro Vi, Anexo 1,” De Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente TULSMA, 2015. 22-25.
- [33] Kenbipedia, “La limpieza ecológica y segura”, Laboratorios INTEMAN, [Online] Available: Internet: http://www.kenbi.eu/kenbipedia_3.php. [Accessed: 27-Sep-2017]
- [34] “Caracterización de aguas residuales por DBO Y DQO”, ingeniería de tratamiento de aguas residuales, [Online] Available: <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydqo2.pdf>. [Accessed: 26-Sep-2017]
- [35] E. Cuberos, A. Rodríguez y E. Prieto, “Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia”, Revista Salud Pública, Bogotá - Colombia, Marzo 2009, pp. 1-12.
- [36] Centro Nacional de Producción Más Limpia, “Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia”, Sistema de referenciación ambiental (SIRAC) para el sector curtiembre en Colombia, Colombia, Febrero 2004, pp. 33.
- [37] J. Orellana, “Unidad térmica N°2 - Contaminación”, Ingeniería Sanitaria, Argentina, Marzo 2005., 1-8.
- [38] Comisión Nacional del Agua “Manual de agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 2015, 70.
- [39] N. Gutiérrez, E. Valencia, R. Aragón, “Eficiencia de Remoción de DBO5 y SS en Sedimentador y Lecho Filtrante para el tratamiento de Aguas Residuales del Beneficio de Café (*Coffea arabica*)” Colombia Forestal, Diciembre 2014, pp. 9.

2. ANEXOS

2.1 Anexo Fotográfico



Imagen 3.- Obtención de la Fibra de Coco



Imagen 4.- Colocación de la Fibra de Coco en el Recipiente



Imagen 5.- Fibra de Coco en el Recipiente.



Imagen 6.- Implantación del Filtro en la Industria.



Imagen 7.- Agua Residual



Imagen 8.- Pre filtrado del Agua Residual Antes de ser Colocada en el Tanque de Abastecimiento.



Imagen 9.- Llenado del Tanque de Abastecimiento del Filtro.



Imagen 10.- Estado de la Fibra a las Pocas Horas de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 11.- Acumulación de Sedimentos en la Placa Superior.



Imagen 12.- Estado de la Fibra a los 15 días de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 13.- Estado de la Fibra a los 25 días de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 14.- Estado de la Fibra a los 45 días de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 15.- Estado de la Fibra a los 60 días de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 16.- Estado de la Fibra a los 82 días de Funcionamiento del Filtro.



Imagen 17.- Toma de Muestras

2.2 Escala del Coeficiente pH

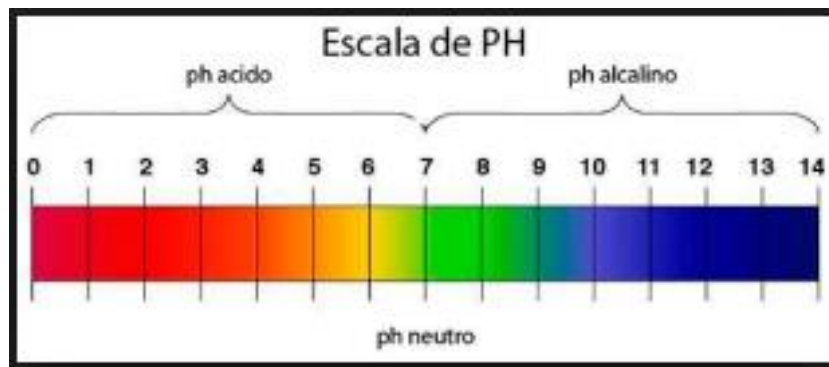
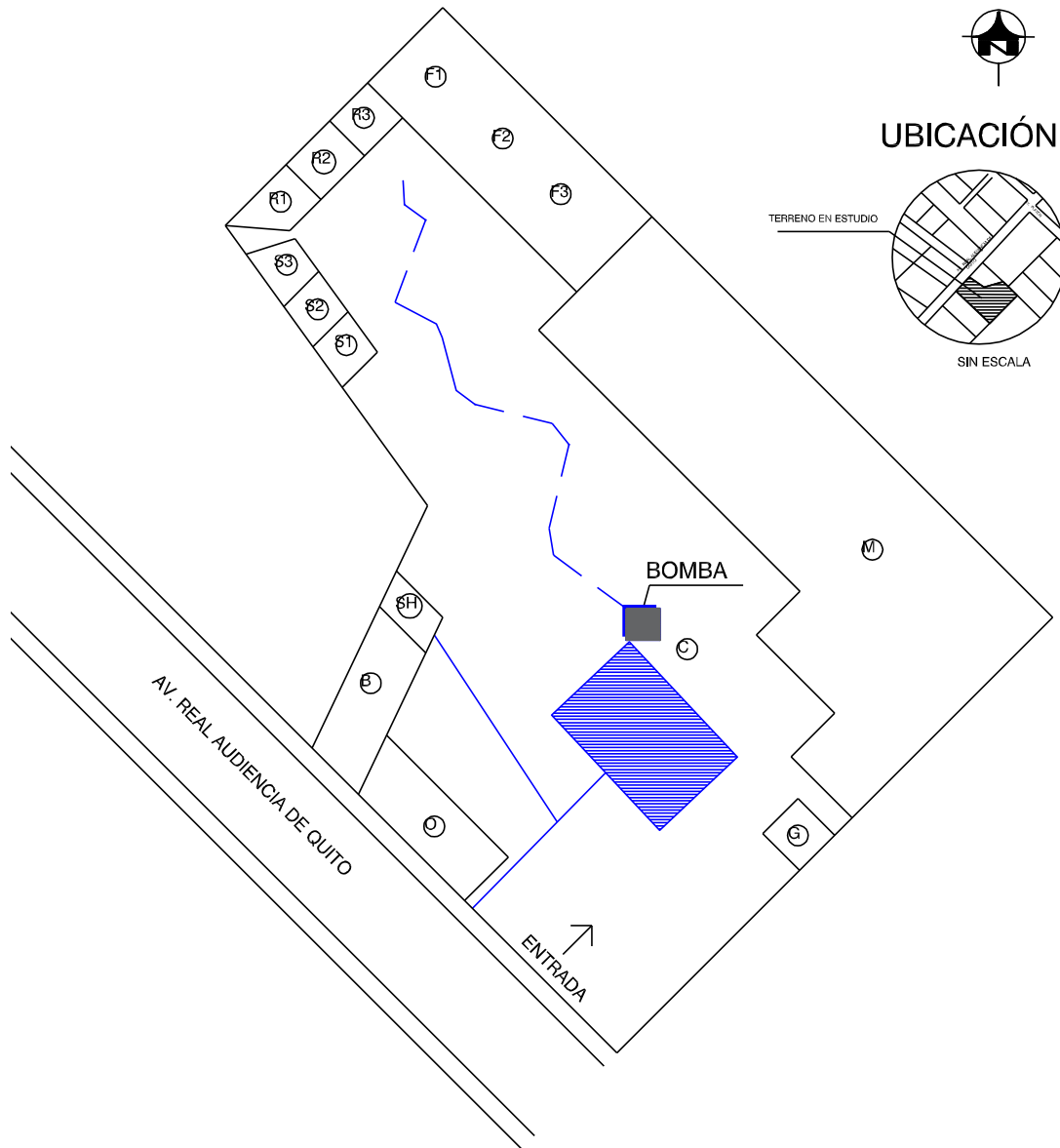


Figura 21.- Escala de pH

Fuente: <http://www.limpiology.es/que-es-el-ph/>

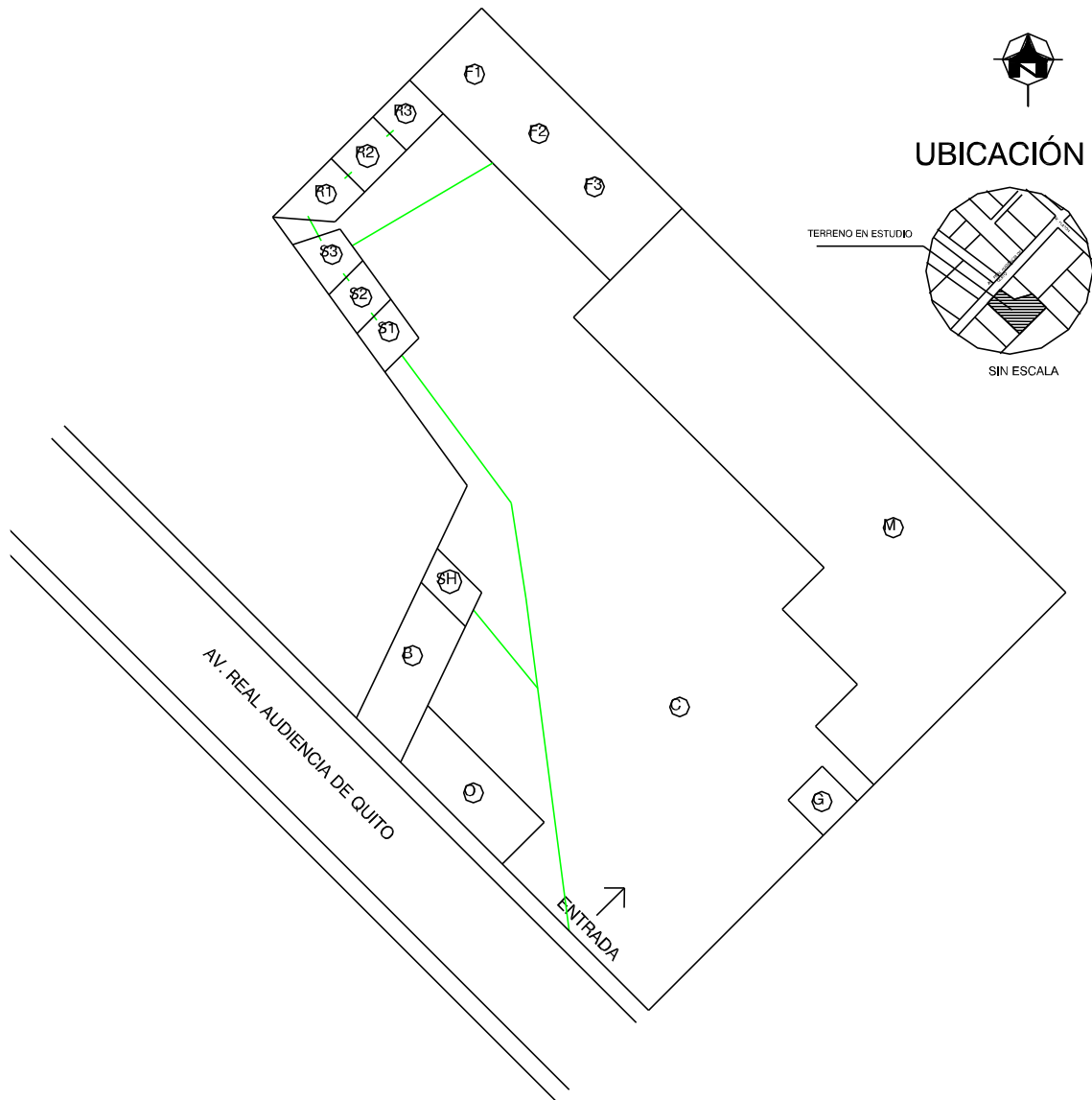
2.3 Disposición del Sistema de Agua Potable en la Industria



SIMBOLOGÍA	
	TANQUE RESERVORIO DE AGUA POTABLE
	MANGUERA
	OFICINA
	SERVICIO HIGIENICO
	BODEGA
	ZONA DE CARGA Y DESCARGA
	GUARDIANA
	ZONA DE MAQUINARIA
	SEDIMENTADORES
	TANQUES DE REMOJO

CURTIDURÍA MOYOLSA	
CONTIENE:	DIRECCIÓN: Av. Real Audiencia de Quito
PLANO DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	SECTOR: Barrio La Habana
REALIZADO POR:	LÁMINA: 2 de 4
JIMENA YANZA	ESCALA: 1: 50

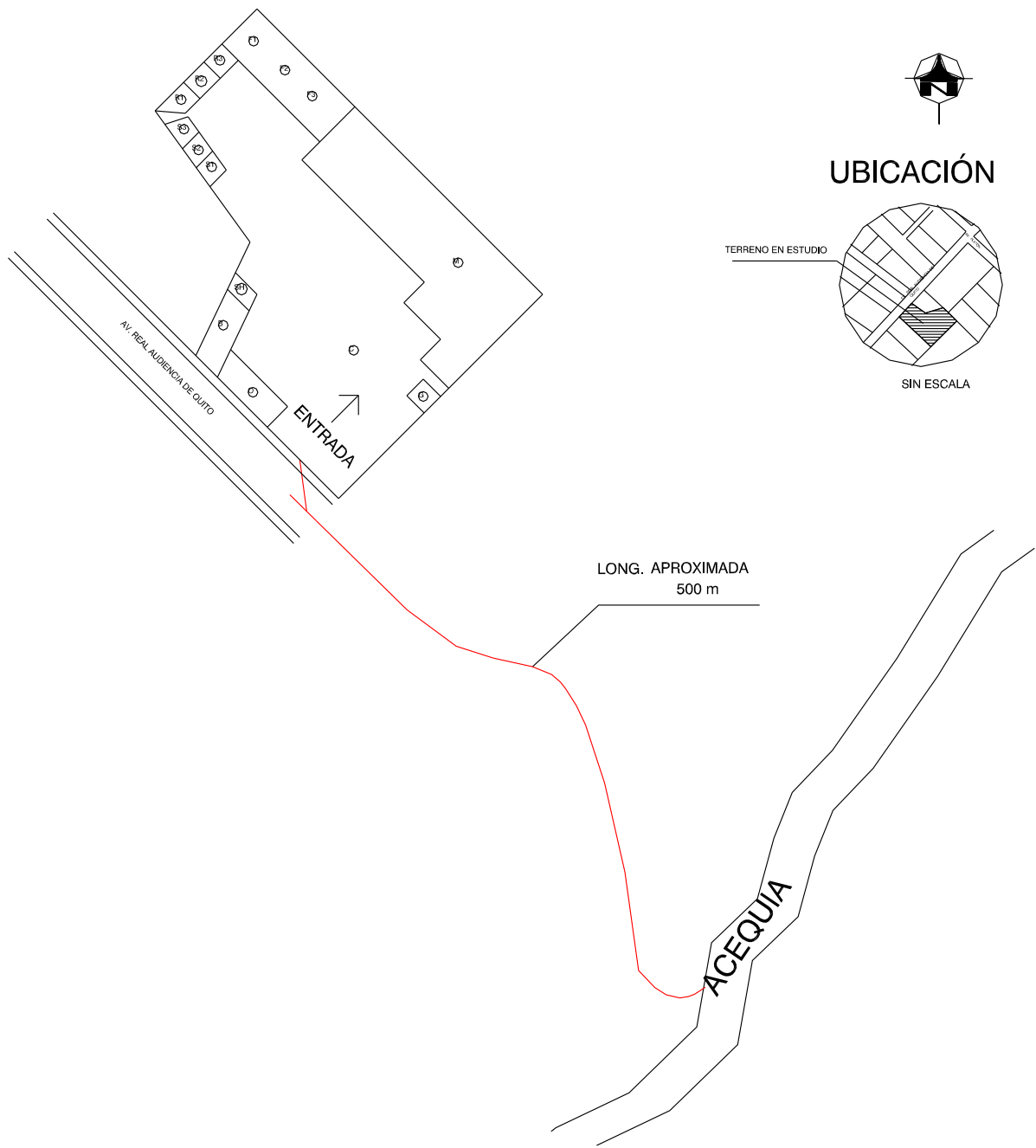
2.4 Disposición del Sistema de Circulación de Aguas Residuales dentro de la Industria



SIMBOLOGÍA	
	AGUAS RESIDUALES
	OFICINA
	SERVICIO HIGIENICO
	BODEGA
	ZONA DE CARGA Y DESCARGA
	GUARDIANIA
	ZONA DE MAQUINARIA
	SEDIMENTADORES
	TANQUES DE REMOJO

CURTIDURÍA MOYOLSA	
CONTIENE: PLANO DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUAS SERVIDAS	DIRECCIÓN: Av. Real Audiencia de Quito
REALIZADO POR: JIMENA YANZA	SECTOR: Barrio La Habana
	LÁMINA: 3 de 4
	ESCALA: 1:50

2.5 Disposición del Sistema de Alcantarillado de la Industria



SIMBOLOGÍA	
	ALCANTARILLADO
	OFICINA
	SERVICIO HIGIENICO
	BODEGA
	ZONA DE CARGA Y DESCARGA
	GUARDIANIA
	ZONA DE MAQUINARIA
	SEDIMENTADORES
	TANQUES DE REMOJO

CURTIDURÍA MOYOLSA	
CONTIENE:	DIRECCIÓN: Av. Real Audiencia de Quito
PLANO DE DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS	SECTOR: Barrio La Habana
REALIZADO POR:	LÁMINA: 4 de 4
JIMENA YANZA	ESCALA: 1: 50

2.6 Resultados de los Análisis por Muestra

- Informe de Análisis Muestra 1 – Agua sin Filtrar

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo : Jimena Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

Fecha y hora de recolección: 28/07/2017

Muestra Recibida: 28/07/2017
 Tipo de muestra: Agua
 No. Reporte TCH: 0941

Rotulación cliente	Muestra N°1 Sin Tratar	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	28-jul-17	
pH	10,55	Electroquímico
Conductividad resist/cm	5,62	Electroquímico
DQO mg O2/l	2750	Colorimétrico UV VIS
DBO 5 mg/l	1820	Winkler
Cromo 6 +	0,058	colorimétrico


Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

agua, aguas superficiales, efluentes, efluentes de curtiembre, aguas,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Metodología para toma de muestras

SERVICIO ANALITICO:

Ce: 08550514

- Informe de Análisis Muestra 2 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo : Jimena Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

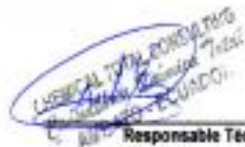
Fecha y hora de recolección: 11/06/2017

Muestra Recibida: 11/06/2017

Tipo de muestra: Agua

No. Reporte TCh: Q 842

Rotulación cliente	Muestra N°2 Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	11-ago-17	
pH	7,1	Electroquímico
Conductividad m/cm	8,60	Electroquímico
ODO (mg O2/l)	2450	Colorimétrico UV-VIS
DBO 5 (mg/l)	1380	Winkler
Cromo 6+ (mg/l)	0,035	colorimétrico


 LABORAL TOTAL QUIMICA S.A.S.
 QUITO - ECUADOR
 Responsable Técnico

Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

- Informe de Análisis Muestra 3 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo : Jimena Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

Fecha y hora de recolección: 25/08/2017

Muestra Recibida: 25/08/2017

Tipo de muestra: Agua

No. Reporte TCh: Q 84,3

Rotulación cliente	Muestra N°3Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	25-ago-17	
pH	6,6	Electroquímico
Conductividad $\mu\text{m/cm}$	6,45	Electroquímico
ODD [$\text{mg O}_2/\text{l}$]	1800	Colorimétrico UV-VIS
DBO 5 [mg/l]	790	Winkler
Cromo 6+ [mg/l]	0,051	colorimétrico

RESPONSABLE TÉCNICO

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Agua, aguas químicas, filtradas, aluminos, bacteriológicas, eutécticas,
 Microbiología, Aguas, suelos, aluminos,
 Metodología para toma de muestras

SERVICIO ANALÍTICOS

Cel : 995439514

- Informe de Análisis Muestra 4 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo: Jimena Yanza
 Proyecto: Curtembre MOYCLSA

Fecha y hora de recolección: 08/09/2017
 Muestra Recibida: 06/09/2017
 Tipo de muestra: Agua
 No. Reporte TCh: Q 84,4

Rotulación cliente	Muestra Nº4Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-sep-17	
pH	6	Electroquímico
Conductividad resistim	21	Electroquímico
DOO [mg O ₂ /l]	9.33	Colorimétrico UV-VIS
DBO-5 [mg/l]	456	Winkler
Cromo 6+ [mg/l]	0.06	colorimétrico

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Calle: Avenida Quinceaños s/n - Jimena, San José de los Rios,
 Moravia - Agua, Valle, Alvarado
 Instalación para toma de muestra

SERVICIO ANALITICOS

Cell: 098498514

- Informe de Análisis Muestra 5 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jirana Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo : Jirana Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

Fecha y hora de recolección: 22/09/2017

Muestra Recibida: 22/09/2017
 Tipo de muestra: Agua
 No. Reporte TCh: Q 84,5

Rotación cliente	Muestra N°5 Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestra	22-sep-17	
pH	10	Electroquímico
Conductividad mscm	16	Electroquímico
ODG [mg O2/l]	1517	Colimétrico UV-VIS
DBO 5 [mg/l]	790	Winkler
Cromo 6+ [mg/l]	0,06	colométrico

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Agua potable química-farmacéutica – alimentos, farmacia, belleza,
 Microbiología, Aguas, suelos, ambiente
 Metodología para todo de muestras

SERVICIO ANALITICOS:

Cel : 996340514

- Informe de Análisis Muestra 6 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestras: Jimena Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

Fecha y hora de recolección: 06/10/2017

Muestra Recibida: 06/10/2017

Tipo de muestra: Agua

No. Reporte TCh: Q 84,6

Rotación cliente	Muestra N°6 Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestras	06-oct-17	
pH	6,2	Electroquímico
Conductividad resistom	18,8	Electroquímico
DDO [mg O ₂ /l]	967	Colorimétrico UV-VIS
CBO 5 [mg/l]	460	Winkler
Cromo 6+ [mg/l]	0,04	colorimétrico

Responsable Técnico

Quim. Arita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis

Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Agua, aguas químicas, efluentes - alimentos, bioquímicos, suelos,
 Microbiología: Aguas, suelos, alimentos
 Monitorización por la toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS:

Cel : 098448814

- Informe de Análisis Muestra 7 – Agua Filtrada

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Jimena Yanza
 No. Contacto:
 Responsable Muestreo: Jimena Yanza
 Proyecto: Curtiembre MOYOLSA

Fecha y hora de recolección: 13/10/2017

Muestra Recibida: 13/10/2017

Tipo de muestra: Agua

No. Reporte TCh: 094,7

Rotulación cliente	Muestra N°7 Tratada	Método de Ensayo
Fecha de Muestra	13-oct-17	
pH	7.8	Electroquímico
Conductividad mscm	16.5	Electroquímico
DOO [mg O2/l]	1800	Colorimétrico UV-VIS
DBO 5 [mg/l]	912	Winkler
Cromo 6+ [mg/l]	0,04	colorimétrico

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis

Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

agua potable, aguas residuales, efluentes, bioresiduos, aguas,
 Microbiología, Aguas, Suelos, Alimentos
 Metodología para la toma de muestras

SERVICIO ANALÍTICOS

Cel.: 995465914