



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE
QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

AUTOR:

CHRISTIAN PAÚL MERA PARRA

TUTOR:

Ing. Mg. RODRIGO ACOSTA

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Rodrigo Acosta, certifico que el presente proyecto de investigación realizado por Christian Paúl Mera Parra, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi dirección, el cual es un trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil, personal e inédito y ha sido concluido bajo el título, **“ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

.....
Ing. Mg. Rodrigo Acosta

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Christian Paúl Mera Parra, soy autor de los criterios, resultados y propuestas de este trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero civil, bajo el tema, **“ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, con excepción de las citas bibliográficas.

.....
Christian Paúl Mera Parra

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, Agosto 2017

.....

Autor

Christian Paúl Mera Parra

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, realizado por Christian Paúl Mera Parra, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman

DOCENTE CALIFICADOR

Ph.D. Diana Coello

.....

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Mg. Jorge Guevara

.....

DEDICATORIA

A mi eterno guía, maestro y mentor, mi finado padre.

A mi abnegada e idolatrada madre.

A mi compañero de lucha contra el mundo, mi hermano.

AGRADECIMIENTO

A mi padre, la ayuda brindada a través de su presencia constante, durante todos los años en los que fui estudiante, fue el impulso primigenio que me hizo alcanzar este éxito, él tiene mi imperecedero agradecimiento.

A mi madre que tuvo la virtud de sentir el dolor de sus hijos y su esposo como dolor propio se lleva mi admiración y agradecimiento, porque sin su ayuda este logro pudo haberse distanciado.

A mi hermano, por el incondicional y arraigado apoyo durante épocas de crisis, que fue sustancial para culminar mis estudios, y en particular este trabajo, tiene mis agradecimientos y espero retribuir su esfuerzo algún día.

Al Ing. Mg. Rodrigo Acosta por su predisposición y desinteresada ayuda brindada durante el desarrollo de todo el trabajo.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por otorgarme las herramientas y conocimientos que forjaron de mí, un individuo preparado para servir a la colectividad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	2
ANTECEDENTES	2
1.1 TEMA	2
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO 2.....	11
FUNDAMENTACIÓN	11
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	11
2.1.1 PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN CURTIEMBRES.....	11
2.1.2 AGUA PARA CONSUMO INDUSTRIAL.....	12
2.1.3 CARACTERÍSTICAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	13
2.1.4 CONSUMO DE AGUA Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE	13
2.1.5 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA.....	14
2.1.6 CROMO HEXAVALENTE	15
2.1.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	16
2.1.8 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	16
2.1.9 BIODEGRADABILIDAD DE UN EFLUENTE	17

2.1.10	BIODEGRADABILIDAD DE LOS EFLUENTES DE CURTIEMBRE	17
2.1.11	BIOFILTRO	19
2.1.12	OXIDACIÓN BIOLÓGICA	20
2.1.13	BIOSORCIÓN	21
2.1.14	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA	21
2.1.15	CARBÓN ACTIVADO GRANULAR	21
2.1.16	PROCESOS DE ACTIVACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO	22
2.2	HIPÓTESIS	22
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	23
2.3.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	23
2.3.2	VARIABLE DEPENDIENTE	23
	CAPÍTULO 3	24
	METODOLOGÍA	24
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	25
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
3.3.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	27
3.3.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	28
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	29
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	30
3.5.1	PLAN DE PROCESAMIENTO	30
3.5.2	PLAN DE ANÁLISIS	44
	CAPÍTULO 4	45
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS	45
4.1.1	DETALLE DEL ESTABLECIMIENTO	45

4.1.2	CAUDAL DE CONSUMO INDUSTRIAL	46
4.1.3	CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL	48
4.1.4	VOLUMEN DE AGUA INGRESADO AL FILTRO	50
4.1.5	ESTRUCTURACIÓN DEL FILTRO	50
4.1.6	CRONOGRAMA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	51
4.1.7	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS	51
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
4.2.1	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN RELACIÓN AL TIEMPO.	59
4.2.2	DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN BIBLIOGRÁFICA	60
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	62
	CAPÍTULO 5.....	63
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1	CONCLUSIONES	63
5.2	RECOMENDACIONES	65
	MATERIALES DE REFERENCIA.....	66
1.	BIBLIOGRAFÍA	66
2.	ANEXOS	70
2.1	ANEXO FOTOGRÁFICO.....	70
2.2	DISEÑO DEL FILTRO	79
2.3	ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO DEL FILTRO	85
2.4	INFORME DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL CRUDA Y DEL AGUA RESIDUAL INDUCIDA A FILTRACIÓN	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	15
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente.....	27
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.....	28
Tabla 4. Plan de recolección de información	29
Tabla 5. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.	31
Tabla 6. Medidas de Aforos.	47
Tabla 7. Caudal de Consumo Curtiembre Quisapincha	47
Tabla 8. Caudal del Agua Residual.....	49
Tabla 9. Presupuesto del Prototipo del Filtro.....	50
Tabla 10. Cronograma recolección de muestras	51
Tabla 11. Resultados de los análisis físico químicos.	52
Tabla 12. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de curtido.	53
Tabla 13. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de pelambre.....	53
Tabla 14. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de teñido	54
Tabla 15. Porcentaje en relación a los límites TULSMA	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso Ribera Etapa Conservación en Sal	33
Figura 2. Proceso Ribera Etapa Pelambre	34
Figura 3. Proceso Ribera Etapa Descarnado	35
Figura 4. Proceso Ribera Etapa Dividido	35
Figura 5. Proceso Curtición Etapa Curtido	36
Figura 6. Proceso Curtición Etapa Curtido	37
Figura 7. Proceso Curtición Etapa Rebajado	37
Figura 8. Proceso Curtición Etapa Teñido	38
Figura 9. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Secado al Vacío	39
Figura 10. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Mollizado	39
Figura 11. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Zarandeado	40
Figura 12. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Estacado	40
Figura 13. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Lijado	41
Figura 14. Proceso Acabados Etapa Pintado y Lacado	41
Figura 15. Proceso Acabados Etapa Prensado	42
Figura 16. Disposición de efluentes	43
Figura 17. Ubicación Curtiembre Quisapincha	45
Figura 18. DQO-Tiempo (Esc Logarítmica)	56
Figura 19. DBO ₅ -Tiempo (Esc Logarítmica)	57
Figura 20. Cromo Hexavalente (Cr ₊₆)-Tiempo (Esc Logarítmica)	58

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

AUTOR: CHRISTIAN PAÚL MERA PARRA:

TUTOR: ING. MG. RODRIGO ACOSTA.

La industria de la curtición, produce grandes cantidades de aguas residuales con elevada carga contaminante, resultado de la aplicación de una amplia gama de compuestos tóxicos y no tóxicos. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo analizar al carbón activado como filtro para el pretratamiento de las aguas residuales provenientes de la empresa “Curtiembre Quisapincha”.

Al filtro se lo ubicó en las instalaciones de la Empresa “Curtiembre Quisapincha”, con la intencionalidad de dotar cierto grado de seguridad a la integridad física del mismo, el efluente era inducido a razón de 0.105 lt/min, el material filtrante era el carbón activado granular obtenido de cáscara de coco y activado por vapor. El filtro estuvo en funcionamiento durante 90 días, y cada 10 se realizaba el muestreo del agua residual filtrada.

Se realizó un registro de la evolución de los parámetros relacionados a la biodegradabilidad, la DQO y la DBO₅, además de un parámetro ligado a la calidad del agua, el Cr⁺⁶. Se tiene tres muestras crudas, una por cada tipo de descarga. Los efluentes son de curtido, pelambre y teñido. Las concentraciones de estos parámetros fueron cuantificados por el laboratorio Lacquanálisis S.A. y el Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental LIAA-GADMA, ambos cuentan con la acreditación de Laboratorio de Ensayos otorgado por el Servicio de Acreditación de Ecuatoriano.

Para la DQO se registró una eficiencia de remoción de 42.86% a los primeros 10 días de funcionamiento en la muestra 1 de curtido, con una concentración final de 1161 mg/lt; se registró además una remoción de 51.33% a los 90 días de funcionamiento en la muestra 9 de teñido, con una concentración final de 3694 mg/lt; el resto de valores señalan una nula remoción. Para la DBO₅ se registró la remoción más favorable a los 50 días en la muestra 5 de pelambre con un valor de 84.03%, con una concentración final de 2478.72 mg/lt; para el resto de días se registraron valores similares y algunos de nula remoción. La concentración de Cr⁺⁶ se vio removida en las muestras procesadas correspondientes a curtido y teñido, siendo el registro más favorable el del día 30 de la muestra 3 con una eficiencia de remoción del 98.21%, para el efluente de curtido con una concentración de 0.02 mg/lt.

EXECUTIVE SUMMARY

THEME: "ANALYSIS OF ACTIVATED CARBÓN AS A FILTER IN THE TREATMENT OF WASTEWATER PRODUCED BY THE COMPANY "CURTIEMBRE QUISAPINCHA" OF THE CANTÓN AMBATO PROVINCE OF TUNGURAHUA".

AUTHOR: CHRISTIAN PAÚL MERA PARRA

TUTOR: ING. MG. RODRIGO ACOSTA.

The tanning industry produces important quantities of wastewater with high pollutant load, as a result of the application of a wide range of toxic and non-toxic compounds. Therefore, this study aims to analyze activated carbon as a filter for the pretreatment of wastewater produced by the company "Curtiembre Quisapincha".

The filter was placed in the facilities of the company "Curtiembre Quisapincha", with the intention of providing a degree of safety to the physical integrity of the same, the effluent was induced at a rate of 0.105 lt/min, the filtering material was granular activated carbon obtained from coconut shell, it was activated by steam. The filter was in operation for 90 days, and every 10 the filtered residual water was sampled.

A record was made of the evolution of the parameters related to biodegradability, COD and BOD₅, as well as a parameter linked to water quality, Cr⁺⁶. There are three crude samples, one for each type of discharge. The effluents are tanning, unhairing and dyeing. The concentrations of these parameters were quantified by the Lacquanálisis S.A. and the LIAA-GADMA Environmental Research and Analysis Laboratory, both of which have the accreditation of the Test Laboratory granted by the Ecuadorian Accreditation Service.

For the COD, a removal efficiency of 42.86% was recorded in the first 10 days of operation in sample 1 of tanning, with a final concentration of 1161 mg / l; A removal of 51.33% was also recorded after 90 days of operation in the dyeing sample 9, with a final concentration of 3694 mg / l; the rest of values indicate a null removal. For BOD₅ the most favorable removal was recorded at 50 days in sample 5 of unhairing with a value of 84.03%, with a final concentration of 2478.72 mg / l; for the rest of the days, similar values were recorded and some were removed. The concentration of Cr⁺⁶ was removed in the processed samples corresponding to tanning and dyeing, being the most favorable record the day 30 of sample 3 with a removal efficiency of 98.21%, for the tanning effluent with a concentration of 0.02 mg / lt.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 TEMA

ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA” DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA

1.2 ANTECEDENTES

Para las autoridades nacionales, en los últimos años, ha sido un interés común el plantarse que empresas e instituciones que cuenten con procesos industriales, tengan efluentes que cumplan parámetros mínimos establecidos en normas ambientales. En muchas ocasiones, efluentes altamente contaminantes y difíciles de tratar han hecho que esto sea un requerimiento bastante complicado, por lo que se implantan costosas plantas de tratamiento que suelen no dar los resultados esperados; en consecuencia, esta investigación propone el análisis del carbón activado, siendo este un material biodegradable, como filtro para verificar su eficiencia en el pre tratamiento de aguas residuales provenientes de una curtiembre.

Para Chávez [1] en “Descripción de la Nocividad del Cromo Proveniente de la Industria Curtiembre y de las Posibles Formas de Removerlo”, artículo publicado en el 2010 por Revista Ingenierías Universidad de Medellín, se indica que para los procesos de curtido donde se emplea cromo, los efluentes obtenidos se pueden ver afectados por la presencia de cromo hexavalente Cr^{6+} , y su forma más estable, cromo trivalente Cr^{3+} , el cromo hexavalente es 1.000 más tóxico que el Cr^{3+} .

En [1] se indica que si por razones antrópicas se generan reacciones redox (óxido reducción), se puede modificar el Cr^{3+} en Cr^{6+} , esto se puede dar en presencia de Fe y Mg, o a través de la existencia de sulfuros y Fe (II), la última se puede acelerar con la existencia de sustancias orgánicas. Cuando se descarga Cr^{6+} a cuerpos hídricos su concentración se manifiesta como elevada; el cromo hexavalente se considera cancerígeno, puede provocar efectos nocivos en las personas al contacto inmediato. Al hablar de suelos, el Cr^{3+} se considera inmóvil, a diferencia del Cr^{6+} que es muy voluble. Aunque el Cr^{3+} en cantidades pequeñas constituye un esencial en los animales, el Cr^{6+} es tóxico en concentraciones bajas.

En conclusión, la investigación [1] señala que, la remoción de cromo se ve beneficiada con la aplicación de materiales adsorbentes como bentonita, carbón activado, entre otros; si esta tecnología se aplica a la curtición, se podría ayudar a disminuir el costo de los tratamientos depurativos. El artículo [1], se encausa de manera muy estrecha con los objetivos planteados para esta investigación, puesto que ayuda a vislumbrar la eficiencia del carbón activado granular y su potencial aplicación para la remoción de cromo en descargas provenientes de curtiembre.

Por otro lado, en un artículo realizado por los autores Méndez, Medina, Quintal, Castillo y Sauri [2] titulado “Tratamiento de lixiviados con carbón activado”, publicado el 2002 por la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal; se señala que, en efluentes con elevada carga contaminante, como lixiviados, se han registrado eficiencias de remoción con el uso de carbón activado mayores que con otros sistemas depurativos fisicoquímico.

La investigación [2] utilizó diez cantidades diferentes de carbón activado como adsorbente para la remoción de DQO, siendo uno de los casos, que con 1010.2 mg de carbón activado se llegó a adsorber 70.59 mg de DQO de un total de 4677.28 mg/lt, por lo que, en una relación entre soluto adsorbido y cantidad de adsorbente utilizado, se tendría $6.99\text{E}-02$ mg/mg; esta relación es consistente con las demás correspondientes a diferentes cantidades de carbón activado utilizado.

Paralelamente, en [2] también se muestran los porcentajes de eficiencia de remoción de la concentración de DQO en las columnas de adsorción de carbón activado para distintos tiempos de contacto; se registró una reducción en la eficiencia de remoción de la DQO del 60 al 30% durante las primeras 60 horas de trabajo con un tiempo de contacto de 4 horas, y con un 8 horas de tiempo de contacto a las 80 horas de trabajo.

Adicionalmente, en [2] se contó para la investigación, efluentes de diferente pH, por lo que se pudo evidenciar los porcentajes de eficiencia de remoción de DQO en las columnas de adsorción de carbón activado granular para distintos tiempos de contacto para el lixiviado con un pH reducido igual a 2, las eficiencias de remoción fueron superiores en comparación con el lixiviado normal. Se atribuyó a esto a la desestabilización de las partículas coloidales del efluente de pH reducido ya que los microfloculos formados a partir de estas partículas fueron removidos por el carbón, mientras que para el efluente de lixiviado crudo las partículas coloidales fueron escasamente retenidas.

Por último la investigación [2] concluye que, la disminución en la concentración de DQO para efluentes de relleno sanitario con pH igual a 2, se vio alterada del 60 al 90%, mientras que para efluentes crudos, la eficiencia de remoción se redujo del 65 al 38%, con 8 horas de contacto, aplicando la adsorción del carbón activado. El estudio [2], da una pauta muy importante de la capacidad de adsorción característica del carbón activado granular; siendo el DQO uno de los parámetros a analizar en este estudio, es destacable, que con efluentes altamente tóxicos como son los lixiviados crudos y de pH reducido, se haya alcanzado eficiencias altas de remoción, por lo que, para efluentes de curtiembre se espera un comportamiento similar.

En el 2007, Céspedes, Valencia y Díaz [3], en el artículo titulado “Remoción de Cromo VI de Soluciones Acuosas por Adsorción Sobre Carbones Activados Modificados”, publicado por la Revista Colombiana de Química, se menciona que la finalidad de la investigación fue cuantificar la capacidad del adsorción del carbón activado sobre cromo hexavalente, la investigación utilizó dos marcas comerciales de carbón activado, se modificó la superficie del medio adsorbente, con tratamientos físicos de tipo térmicos.

Los materiales adsorbentes utilizados por [3] corresponden a dos marcas comerciales de carbón activado, ambos de tipo granular, el primero formado a partir de cáscara de coco y el segundo es de origen lignítico sometido a tratamiento. Ambos fueron sometidos a tratamientos para alterar propiedades texturales y otras relacionadas a la química de tipo superficial.

En la investigación [3] la solución acuosa para las pruebas de adsorción fue un medio líquido modelo de Cr^{+6} . Para las pruebas de adsorción, el medio acuoso modelo de cromo se colocó en una celda termostataada; se agregó el carbón activado granular; posteriormente se determinaba el contenido residual de cromo hexavalente mediante espectrofotometría. Las concentraciones de Cr^{+6} probadas fueron 10, 100 y 1000 partes por millón; la masa de adsorbente se varió desde 0,1 y 2,0 g; la temperatura se varió entre 25 y 50 °C; el tiempo de contacto se alteró de 10 y 120 min; el pH se modificó desde 2,0 a 8,0.

La investigación [3] notó que la máxima capacidad de adsorción igual a $8,0 \text{ mg g}^{-1}$ se dio con un tiempo de contacto de 50 min. Se demostró que la adsorción de cromo hexavalente está directamente ligada a la medida del pH del medio acuoso, cuando el pH aumenta la adsorción disminuye. Los resultados arrojan que el pH del medio acuoso más beneficioso para la reducción de cromo hexavalente es de 2,0. El carbón activado granular de origen vegetal sin modificaciones da su máxima capacidad de adsorción (5 mg g^{-1}) a pH menor de 2,0; posteriormente se reduce levemente hasta medidas cercanas a 3 y se mantiene constante al alcanzar un pH igual a 8,0, un hecho importante adicional es que la capacidad de adsorción aumenta con la concentración de cromo hexavalente en el medio acuoso.

Por último, la investigación [3], concluye que las alteraciones realizadas a los carbones activados influyen la capacidad de adsorción; así, se pudo observar que la aplicación de hidrógeno a altas temperaturas mejoró un 45% la remoción de cromo hexavalente en medios líquidos con un pH igual a 2,0, y en concentraciones iguales a 100 ppm. Un dato distinguible es que el pH primigenio del medio acuoso resulta un

factor taxativo en la cuantificación de la adsorción de Cr^{6+} . Para finalizar la cantidad más alta removida (entre 6,5 y 10 mg g^{-1}) se observó a $\text{pH} = 2,0$.

El estudio [3], indica una plausible certeza de la remoción del cromo a través de adsorción por carbón activado, por lo que guarda una estrecha relación con el trabajo; si bien se demuestra la remoción, se establecen condiciones de eficiencia altamente dependientes de las propiedades del adsorbato y del adsorbible, por lo que se deben tener presentes tales condiciones.

El trabajo titulado como “Uso de Carbón Activado Granular (CAG) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas”, publicado por el Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías, realizado el 2013 por los autores, Aragón, Ramírez, Coronel, Lucho y Vázquez [4], tuvo el alcance de caracterizar la capacidad de adsorción de un carbón activado granular, siendo el adsorbible un efluente acuícola.

Los efluentes tratados por [4] se caracterizan por la existencia de sólidos suspendidos, microorganismos de tipo patógeno, materia orgánica, los mecanismos de adsorción del carbón activado de morfología granular pueden ser una alternativa para la remoción de la concentración de la carga contaminante relacionada a estos parámetros. Los filtros percoladores de este material pueden ser excelentes medios de soporte fijo para microorganismos, siendo capaces de degradar a la vez que ejercen adsorción. En el procedimiento establecido en [4], el origen del carbón activado granular fue vegetal, de cáscara de coco.

En el estudio [4] se realizaron pruebas continuas de adsorción, en donde, a la columna de carbón activado de 346.4 gr, se la introducía por la parte superior un caudal de 5.55 ml/min de efluente acuícola. La muestra del efluente, fue una muestra compuesta. El análisis del agua de entrada y salida de la columna consistió en determinar varios parámetros, entre ellos, la demanda química de oxígeno (DQO).

La investigación [4] notó que las partículas finas de carbón activado granular que se desprendieron de la columna durante los tres primeros días interfirieron con los

análisis y modificaron las concentraciones que se midieron para los sólidos suspendidos totales, pero, por otro lado, la velocidad de remoción de DQO, UV254 (carga orgánica de origen natural), nitrógeno y fósforo total fue primigeniamente acelerada y luego se redujo con el paso de los días, esto se explica al decir que con el paso de los días se fue desarrollando una biopelícula que modificó el mecanismo por el cual la remoción de los contaminantes se ejercía.

Las concentraciones de DQO y UV254 mostradas por [4] indican tendencias similares de eficiencia de remoción en la columna de adsorción, y una máxima eliminación de 59 y 61%, respectivamente, al cabo de cuatro días. El nitrógeno y fósforo total se removieron con tendencias semejantes y con eficiencias elevadas (63.4 y 62.6%, respectivamente, al cabo de 4 días). En cuanto a la remoción microbiana alcanzó una remoción del 68% al final del tercer día.

Para finalizar, el artículo [4] concluye que, en pruebas continuas de adsorción por lote, el carbón activado granular de origen vegetal mostró una elevada capacidad de adsorción puesto que removió significativamente la DQO, además del contenido de nitrógeno, fósforo y carga orgánica de origen natural.

El artículo [4], brinda una amplia y completa perspectiva del funcionamiento del carbón activado granular de origen vegetal, puesto que indica la alta disminución en un parámetro de biodegradabilidad como es la DQO, debido a su uso en tratamiento de efluentes acuícolas; por lo que se estima que en efluentes industriales de curtiembre se tenga un comportamiento eficiente y acertado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en el entorno mundial, los efluentes industriales vertidos a cuerpos hídricos y redes de saneamiento; provenientes de procesos curtientes; tienen un enorme impacto medio ambiental; esto debido a las características poco biodegradables y la usual presencia elevada de metales pesados en aguas residuales [1]. Las industrias de curtiembres, en su mayoría, usan cromo para su proceso

curtidor, de no dar un tratamiento óptimo a las aguas servidas, pueden provocar degradación ambiental de carácter irreversible con consecuencias que reducen la calidad de vida de los pobladores residentes en el entorno, la emisión de residuos contaminantes provenientes de estas industrias es usualmente cuantificada en residuos sólidos, líquidos y gaseosos [5].

Las entidades ambientales reguladoras, las industrias y los ciudadanos involucrados a la industria de la curtiembre deben aportar acciones que ayuden a la mitigación y remediación de los impactos ambientales [6]. Una solución práctica y viable es la utilización de materiales con una alta capacidad de adsorción como lo es el carbón activado. Este material puede ayudar a la remoción del Cr, a la disminución de la concentración de los sólidos suspendidos y a la remoción de DQO. [1]

El desarrollo incontrolado de la industria de curtiembre en Latinoamérica ha conllevado a que una gran medida de la contaminación ocasionada por este sector sea consecuencia de la carencia de formación en el uso de los recursos utilizados en los procesos productivos. En varios países de la región, una cantidad importante de la actividad es informal, por lo que no se controla la afluencia de líquidos contaminantes, además una problemática común es el uso de maquinaria con avanzado deterioro tecnológico. [5]

En países vecinos se han cerrado decenas de industrias del sector con la finalidad de medrar la calidad de los efluentes, en Colombia la entidad ambiental reguladora solicita a las curtiembres implementar trampas para controlar grasas y residuos sólidos. En Uruguay se ha implementado un plan de producción donde se insita a precipitar las sales de cromo presente en baños residuales y rehabilitar el cromo curtidor a partir del ya precipitado, para su reutilización. [5]

A nivel nacional, en Ecuador, el 80 % de la producción de cuero está ligada al uso de sales de cromo trivalente como agente curtierte, el resto de industrias usa agentes vegetales. [7] En centralizada provincia de Tungurahua la producción de cuero abastece al 80% de la demanda total del país. Se utilizan alrededor de 39 mil metros cúbicos de agua para su proceso. [8] Para el año 2011, escasamente apenas el 12,5%

de las empresas dedicadas a la producción de cueros poseía licencia ambiental para ejercer, llegado el 2015 se registró al 80% de las industrias, es decir, a pesar del importante avance, aún existe un 20% que pueden provocar una degradación ambiental importante

A nivel nacional se considera el cuidado de la naturaleza desde varios proyectos y leyes, tal es el caso del “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente”, que se utiliza para regular bajo parámetros el respeto al ambiente, específicamente, estableciendo límites de descarga [6]. Las industrias de curtiembre para lograr remediar los efectos irreversibles negativos causados al medio ambiente y al entorno, están bajo la responsabilidad de acatar medidas como el uso de nueva maquinaria para una más eficiente producción y eficiente, el uso de productos químicos capaces de ser biodegradables, y el reciclaje de residuos junto con la reducción al mínimo de desechos [8].

Para el tratamiento de aguas residuales provenientes de esta industria se propone la utilización de Carbón Activado Granular (CAG) como filtro debido a que se ha comprobado que tiene una alta capacidad de adsorción de Cr^{+6} [3]. Por otro lado, se ha concluido también que resulta un excelente soporte microbiano llegando a remover significativamente el contenido de amonio y fósforo, además de disminuir significativamente el DQO [4]. La implementación de este material adsorbente, como filtro para un pretratamiento de efluentes industriales provenientes del sector curtidor, ayudará a conocer la efectividad del mismo, a partir de los parámetros que indiquen biodegradabilidad y presencia de Cr^{+6} en el agua residual después de ser inducida a un proceso de filtración.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el Carbón Activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la de la Empresa “Curtiembre Quisapincha”

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la Empresa “Curtiembre Quisapincha”.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la Empresa “Curtiembre Quisapincha”.
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO₅ y DQO) y cromo hexavalente de las aguas residuales provenientes de las Curtiembres en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si el carbón activado puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de las Curtiembres.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN CURTIEMBRES

En primer lugar, a las pieles, una vez que llegan a una tenería o curtiembre, se las trata con sal, con la finalidad de eludir la putrefacción, y son almacenadas en un saladero hasta que empiece su procesamiento; la conservación se ve bastante favorecida utilizando sal en grano sobre la piel.

El primer proceso es conocido como ribera, en este punto la piel es limpiada y se le otorga determinada cantidad de humedad, este proceso en general se compone de varias etapas, que son, en primer lugar, el remojo, donde se restablece la cantidad de agua natural de la piel, se retira el agente conservador y demás vestigios así como todo tipo de impurezas; la siguiente etapa se conoce como pelambre, aquí se retira el pelo aplicando grandes cantidades de sulfuro de sodio y cal; posteriormente sucede la etapa de desencalado, aquí se enjuaga la piel para retirar lo que se haya incrustado en la etapa anterior y se aplican compuestos de carácter contrarrestante como ácido sulfoplático; en siguiente lugar se encuentra la etapa de descarnado donde se retira la grasa de la piel y; finalmente la etapa de purga enzimática, que es un aditamento en la limpieza del cuero flor.

Al segundo proceso se lo conoce como piquelado, aquí se intenta aplicar una serie de productos químicos para preparar a la piel previo a la curtición, se utiliza, principalmente, ácido fórmico, es común además el uso de ácido sulfúrico, ambos permiten que el cromo se disperse en el interior del cuero sin arraigarse exclusivamente en el exterior.

Posteriormente se efectúa el proceso de curtido, aquí particularmente, se estabiliza la piel, usando productos curtientes de origen químico natural o sintético. Aquí el cuero adquiere un tacto liso después de su procesamiento en fulones giratorios; de todos los agentes curtidores el cromo trivalente es el más común.

En los procesos de post curtición, tenemos las etapas mecánicas y húmedas. En la etapa mecánica se ostenta dar dimensiones perpendiculares al plano propias y constantes al cuero, para alcanzar esto se realiza, en general, un desaguado de tipo mecánico para reducir la cantidad de agua, el dividido se aplica con la finalidad de separar el lado flor (superior) del lado carne (vestigio o inferior), un raspado para complementar la precisión del espesor otorgado al cuero, los recortes donde se retiran las partes que no son imprescindibles en el cuero.

En la post curtición, los procesos húmedos se encauzan en la otorgación de propiedades específicas al cuero en función del producto final deseado, aquí se realiza el recurtido, el teñido y el engrasado; en otras palabras se vuelve a procesar la estructura de la piel ya estabilizada en curtición.

Finalmente en el proceso de secado y terminado los cueros son desaguados y retenidos con la finalidad de retirar el agua contenida indeseada, también, se los alarga y se los seca, la terminación exclusivamente se encauza en el empleo de polímeros acrílicos, que son añadidos, entre otros medios, por rodillo. [9]

2.1.2 AGUA PARA CONSUMO INDUSTRIAL

Se ha determinado que, el porcentaje de agua destinada para consumo de tipo industrial, es cercano al 59% del total consumida, en los países con alto nivel económico e industrial. Por lo tanto se tiene por obviedad que, el sector industrial, al ser el que más agua consume, también es el que más agua intoxica. En los países con bajos niveles de vida un 70% de los residuos provenientes de procesos industriales

son descargados a cuerpos hídricos obviando tratamiento. Con estos datos se puede inferir sobre la problemática mundial por contaminación del agua y la importancia de generar tecnologías de mayor eficiencia en torno a la remoción de cargas contaminantes. [10]

2.1.3 CARACTERÍSTICAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Se conoce comúnmente como aguas residuales industriales a todos aquellos efluentes descargados desde locales con actividades industriales. Las aguas residuales industriales están cargadas frecuentemente con sustancias difíciles de eliminar a través de un tratamiento común, esto debido a altas concentraciones o por la composición química propia del efluente.

Muchos de los componentes inorgánicos y orgánicos identificados en diversas aguas residuales industriales, se consideran para establecer límites de descarga, tanto a cuerpos hídricos como para redes de alcantarillado; estos límites son establecidos por entidades reguladoras competentes en cada país. [10]

2.1.4 CONSUMO DE AGUA Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE

El uso y consumo de agua en las empresas dedicadas a la producción de cuero es elevado, se ha registrado un consumo de 10 kg de agua por cada kg cuero. Los efluentes de curtido, teñido y pelambre tienen generalmente carga contaminante de materia orgánica elevada; las concentraciones de DBO5 y DQO son considerablemente altas. Es común que en lo concerniente a conductividad, indistintamente del tipo de efluente al que se someta a estudio, que siempre existan valores elevados en perspectiva con los límites máximos permisibles de norma. [11]

Durante el proceso de ribera, específicamente en el remojo de pieles, se elimina, en

primera instancia, suciedad, lo que provoca la proliferación de sólidos suspendidos; se eliminan también las grasas y otros subproductos indeseados en la piel; todo esto se provoca concentraciones elevadas de DBO5. Dentro del mismo proceso de ribera, en la etapa de pelambre, se suelen obtener altos valores de DBO5 en los efluentes, puesto que, se suelen utilizar cantidades exorbitantes de productos no tóxicos como cal y tóxicos como sulfuro de sodio [9]

El sulfuro de sodio tiene la capacidad de generar una disminución del oxígeno disuelto, en esta etapa se desprende un gas conocido como ácido sulfhídrico, si se inhala puede llegar a ser mortal. Se considera que el sulfuro tiene la responsabilidad de la toxicidad del efluente pues corresponde al 76% del mismo. La cal apagada en polvo, genera concentraciones importantes de sólidos en suspensión, además, es relativamente escasamente soluble y los fulones se cargan frecuentemente con demasiada cal. [9]

En este tipo de descargas suele presentarse un exceso en residuos químicos en los efluentes, esto se evidencia al haber registrado que la DBO5 es representativa de apenas un tercio de la carga orgánica biodegradable en perspectiva con la DQO. El efluente generado en el proceso de curtido frecuentemente suele poseer una concentración de cromo residual elevada, alrededor de 23 mg/L. [11]

2.1.5 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA

La norma por la que se rigen las descargas provenientes de industrias y empresas es el “TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE” (TULSMA); se deben cumplir al menos con los valores establecidos por cada tabla.

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250.0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500.0

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Fuente. Tabla N°9, Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente, Edición Especial N°270, 2015.

2.1.6 CROMO HEXAVALENTE

El cromo como metal de transición se puede evidenciar en varias etapas de oxidación, las especies más prosaicas y comunes además de estables son el cromo trivalente y su estado oxidado y reducido conocido como cromo hexavalente. El Cr+6 (cromo hexavalente) es considerado como cancerígeno, y por obviedad muy tóxico. [13]

La oxidación y la reducción del cromo trivalente depende principalmente de acciones antropológicas; se puede presentar oxidación en presencia de óxidos de hierro y manganeso, en un ambiente anaeróbico, y en condiciones de un medio ácido; en adición, la reducción del metal se ve favorecida con la inclusión de sulfuros y Fe II (en condiciones anaerobias) y aumenta su velocidad con la presencia de vestigios de materia orgánica. [1]

En contraste, el Cr⁺³ es prácticamente inmóvil y coexiste con la materia orgánica en ambientes acuáticos y en suelos, se encuentra bajo la forma de óxidos, hidróxidos o sulfatos. [13]

2.1.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

El parámetro de la demanda química de oxígeno es utilizado para medir la porción de oxígeno necesaria para oxidar a nivel químico el material orgánico, esto se puede hacer empleando un compuesto químico oxidante tenaz, principalmente, dicromato de potasio, en un medio acuoso ácido de pH menor a 7 y a elevada temperatura. Hay ocasiones que las muestras en estudio poseen determinados compuestos orgánicos resistentes, en estos casos, se usa un catalizador como sulfato de plata. Los compuestos inorgánicos como cloruros pueden provocar cierta injerencia en los resultados del ensayo, por lo que se los elimina usando sulfato mercuríco. Bajo las mencionadas condiciones, con una digestión de dos horas, y a 150°C de temperatura, se oxida la materia orgánica. La DQO es bastante útil, es un indicador de la concentración de materia orgánica en aguas residuales, se puede realizar en apenas tres horas. [14]

2.1.8 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Se conoce como demanda bioquímica de oxígeno a la dosis de oxígeno que deberían emplear los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable bajo limitaciones aerobias. En situaciones corrientes de laboratorio, esta demanda se mide a 20°C, en el procedimiento común, el ensayo emplea cinco días de incubación, se expresa en mg/l – O₂. La demanda bioquímica de oxígeno es uno de los parámetros más consultados al momento de analizar la calidad de las diversas aguas residuales, para específicamente determinar la cantidad de oxígeno necesario para afianzar a nivel biológico la materia orgánica contenida en el agua residual, y posteriormente, para el diseño de plantas depurativas biológicas, para analizar la eficiencia de remoción de variados tratamientos, y para fijar el número permisible de cargas orgánicas en cuerpos receptores. Matemáticamente la demanda bioquímica de oxígeno se fundamenta en la ley empírica de Theriault, que en resumen, indica que la cantidad de materia orgánica biodegradable es inversamente proporcional a la materia orgánica total. [14]

2.1.9 BIODEGRADABILIDAD DE UN EFLUENTE

Diversos autores establecen que la biodegradabilidad de un efluente es determinable mediante una relación matemática, esta relación suele estar a razón de DBO_5/DQO , o a su vez, DQO/DBO_5 . Esta relación es un acercamiento de tipo numérico de la susceptibilidad de un efluente a ser degradado a nivel biológico. Siendo una aseveración, que cuando se tiene que la relación $DQO/DBO_5 < 2.5$ se considera a un efluente susceptible a biodegradar y apto para tratamientos biológicos como por ejemplo fangos activos, por otro lado, si la relación DQO/DBO_5 es mayor a 2.5 y menor a 5, se sigue considerando como un efluente biodegradable, pero, se considera más efectivo el uso de lechos de oxidación biológica. [15]

Se puede también, en base a la relación de biodegradabilidad DBO_5/DQO , establecer la condición de un efluente, dado el caso, una relación DBO_5/DQO con un valor menor a 0,3 se considera como efluente no biodegradable y a la relación DBO_5/DQO con un valor entre 0,3 y 0,7 como poco biodegradable. [16]

Es común en curtiembres tener un índice de biodegradabilidad DBO_5/DQO menor a 0,3; por lo que, en teoría, no sería viable la aplicación de un tratamiento a nivel biológico, pero G. Vidal et al. [17] logró implementar con éxito un sistema biológico de lodos activos para efluentes de curtiduría, por consiguiente, dependiendo de la industria, es posible un tratamiento biológico.

2.1.10 BIODEGRADABILIDAD DE LOS EFLUENTES DE CURTIEMBRE

Los distintos efluentes de curtiembres se ven estructurados con variados componentes orgánicos, conocer su fracción biodegradable e inerte facilita la selección del tratamiento de depuración más idóneo. Este fraccionamiento se puede realizar partiendo de la concentración de materia orgánica medida como DQO que tenga un efluente, de esta, se describen dos agrupaciones principales, la DQO biodegradable total (DQOBT) y la DQO no biodegradable o inerte total (DQONBT),

a partir de la DQOBT se debe medir la DQO fácilmente biodegradable (DQOFB), la DQO lentamente biodegradable (DQOLB); y en contraparte a partir de la DQONBT se debe cuantificar la DQO no biodegradable soluble (DQONBs) y la DQO no biodegradable particulada (DQONBp); todas presentes en teñido, pelambre y curtido.

La DQO fácilmente biodegradable es consumida por el tratamiento biológico de manera inmediata, a los primeros instantes de haber comenzado el contacto, generando un incremento en el oxígeno siendo consumido por microorganismos que la utilizan para su síntesis celular. La DQO lentamente biodegradable tiene que ser en primer lugar absorbida sobre la matriz celular de los microorganismos para luego ser hidrolizada a unidades químicas más simples, los microorganismos utilizan enzimas extracelulares y posteriormente la materia orgánica es metabolizada.

La DQO no biodegradable soluble (DQONBs) y la DQO no biodegradable particulada (DQONBp) no pueden ser removidas por un sistema de depuración biológico, sin embargo la DQONBp es propensa a mezclarse junto a la biomasa, sedimentándose, en contraparte la DQONBs no interfiere con el tratamiento biológico y es evacuada formando parte aún del efluente, únicamente tratamientos fisicoquímicos como adsorción son aptos para remover los componentes coloidales de la fracción DQONBs.

Es característico de descargas de curtiembres, la existencia de compuestos como sulfuros y cromo, con concentraciones elevadas de materia orgánica; sin embargo, es de carácter primordial considerar que los procesos de fabricación de cuero son susceptibles a variación en cada empresa, por los tipos de reactivos utilizados, la dosis de agua, el tipo de piel utilizada e inclusive el producto final.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) no otorga detalles claros sobre lo susceptibles que son los componentes presentes a ser biodegradados, y en que tasas lo hacen, por lo que no puede ser usado como parámetro prioritario para la selección y el diseño de una planta de tratamiento depuradora. La DBO_5 debería ser tomada en cuenta como un parámetro de caracterización laxo y débil para descargas de

curtiembres, por el hecho de que únicamente representa a una reducida porción del contenido orgánico contenido en la descarga y además, su cuantificación es susceptible a alteración, debido a que existen sustancias inhibitorias como el cromo frecuentemente presente en este tipo de descargas.

Estudios han demostrado que en mezclas de pelambre-teñido y curtido-teñido la cantidad de DQO biodegradable se encuentra entre el 35.8 y 34.0% respectivamente, es decir existe una importante fracción de DQO de tipo inerte o no biodegradable en estos tipos de descargas, superior en ambos casos al 60%, las tasas de biodegradabilidad tienen brechas bastante notorias, por ejemplo, la DQO fácilmente biodegradable responde al 19.1% del total de DQO, y la fracción lentamente biodegradable al 16.7%; en una mezcla de pelambre-teñido, se ha llegado a medir un DQO fácilmente biodegradable en el orden del 17.9% y para el caso de DQO lentamente biodegradable del 16.1% del total.

La importancia de conocer el valor de la DQOLB reposa en el hecho de que está relacionada de manera estrecha con la duración del tratamiento biológico, puesto que se puede estimar el tiempo que requiere para ser metabolizada por los microorganismos, es decir, se puede medir la velocidad de degradación de esta fracción de DQO en particular. [16]

2.1.11 BIOFILTRO

El filtro percolador o biofiltro consta de un proceso frecuentemente usado para la depuración de efluentes industriales y domésticos. El biofiltro no es una idea generada para aplicar un tamizado o filtración en aguas residuales domésticas o industriales, sino más bien su intencionalidad es generar una acción entre aguas residuales y la biomasa adherida a un lecho de soporte inamovible o fijo, generando un lecho de oxidación de tipo biológico. Se estima que la biomasa adherida metabolizará y sintetizará compuestos orgánicos biodegradables existentes en aguas residuales. El medio de soporte fijo puede ser un lecho de tipo sintético o natural, donde al inducir aguas residuales, se va a generar un crecimiento desbordante de microorganismos o biopelículas sobre el lecho. El material orgánico que se encuentre

en el agua residual es descompuesto y metabolizado por la biomasa viva incrustada en el medio filtrante; en el interior del biofiltro, se generan mayoritariamente condiciones anaerobias, en contraparte, a nivel externo las condiciones se consideran aerobias. [14]

2.1.12 OXIDACIÓN BIOLÓGICA

Consiste en la transformación bacteriana de elementos orgánicos a un estado inorgánico altamente oxidado, se la conoce también como descomposición microbiológica de la carga orgánica; de este accionar depurativo se puede encontrar como residuos inorgánicos como dióxido de carbono, nitrógeno amoniacal, agua y sulfatos; este principio es inviable para compuestos aromáticos con alta masa molecular, elevado grado de oxidación y estables bioquímicamente; como lignina o la materia húmica además de algunos hidrocarburos clorados. En esta transformación bacteriana está inmersa un principio de transferencia de electrones, en donde, una sustancia cede electrones a otra que hace de receptora de los mismos; la materia orgánica viene a ser la donante de electrones para organismos vivos, cabe recalcar que, los sulfuros pueden servir para algunas bacterias como una especie de donantes de electrones.

En perspectiva la oxidación orgánica se puede visualizar como un proceso de remoción de electrones de la carga orgánica. En el caso aerobio, el oxígeno es el receptor final de electrones, en consecuencia, es reducido; en contraste los donantes orgánicos se ven oxidados. Para la contraparte anaerobia, otros compuestos como los sulfatos y el CO_2 funcionan como receptores de electrones, bajo estas condiciones los productos finales se encausan a sustancias como metano, CO_2 o H_2S . Toda oxidación necesita un agente oxidante que funcione como receptor de electrones. [14]

2.1.13 BIOSORCIÓN

Es la actuación de la biomasa viva para ejercer una captación de metales pesados y evitar los efectos letales que estos pueden generar sobre la integridad de la misma, existen dos mecanismos por los que se efectúa esta acción y son la bioacumulación y la bioadsorción, en la primera las especies metálicas se acumulan dentro de las células de la biomasa, en la segunda, los iones de las especies metálicas son adsorbidos en la superficie de la célula, ocurre por un intercambio iónico o una atracción electrostática. [28]

2.1.14 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

Lo concerniente al tiempo de permanencia del líquido dentro del medio filtrante se conoce como tiempo de retención hidráulica, se acuerda mediante la razón matemática entre el volumen del filtro anaeróbico o medio filtrante en metros cúbicos y el caudal inducido en metros cúbicos por día. [18]

2.1.15 CARBÓN ACTIVADO GRANULAR

El carbón activado de morfología granular (CAG) tiene como característica principal la elevada capacidad de adsorción, y esta es consecuencia de su importante área superficial; el carbón activado granular, es constitutivo de la variada familia de materiales carbonos, y como estos, tiene una estructura cristalina de tipo reticular; las propiedades de este varían en función de la materia primigenia y el proceso de activación al que ha sido sometido. Se puede inferir que el carbón activado es un tipo de carbón de átomos ordenados en forma de placas gráficas. [19]

Cuando es utilizado como medio filtrante se le atribuye una función fisicoquímica consistente en la adsorción de compuestos escasamente polares, de tipo covalente y

orgánicos. Es aplicable preferencialmente cuando el efluente tiene presentes compuestos que inhibirían un tratamiento biológico. [20]

2.1.16 PROCESOS DE ACTIVACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

El proceso de activación del carbón se encausa en la generación de partículas de carácter cristalino en elevada porosidad, con una importante superficie de contacto dentro de los granos de carbón, lo cual genera la alta capacidad de adsorción. Existen dos tipos de activación, la térmica y la química.

La activación térmica; si el carbón es de origen orgánico vegetal; inicialmente consiste en una carbonización inicial a baja temperatura con el fin de evitar la grafitación del material, si el carbón es de origen mineral, usualmente esta etapa no se realiza; posteriormente a esto se induce al carbón una temperatura aproximada de 1000°C, en una atmósfera inerte, a esta temperatura, una porción de los átomos que componen el carbón se gasifican generando CO₂, por otro lado, demás átomos se combinan y cuajan en forma de láminas grafiticas.

La activación química es aplicable únicamente a determinados materiales orgánicos de caracter blando y consistentes de moléculas de celulosa, como la madera de pino; en primera instancia se deshidrata la amteria prima mediante un reactivo como ácido fosfórico, y posteriormente, se carboniza el material a una temperatura oscilante entre 500 y 600°C, atribuyéndole al carbón activado su cualidad porosa. [19]

2.2 HIPÓTESIS

La preparación de un filtro con carbón activado contribuye a la remoción de la concentración de los parámetros acordados para el análisis del agua residual proveniente de la empresa “CURTIEMBRE QUISAPINCHA”, cumpliendo con los límites máximos permisibles de descarga descritos en TULSMA para descargas a redes de alcantarillado.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Preparación de un filtro con carbón activado

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

La remoción de la concentración de los parámetros acordados para el análisis del agua residual proveniente de la empresa “CURTIEMBRE QUISAPINCHA”, cumpliendo con los límites máximos permisibles de descarga estipulados en el TULSMA para descargas a redes de alcantarillado.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Las diferentes actividades y estrategias a utilizar en esta investigación están ligadas a las pautas de cuatro tipos de investigación, explicativa por el objeto de estudio, cuantitativa debido al tipo de datos, experimental dada la manipulación de las variables, e inductiva por el tipo de inferencia.

INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Tomando en consideración este estudio aborda un tema escasamente desarrollado, se puede considerar a esta investigación como un primer acercamiento o aproximación al problema, un acercamiento superficial, pero de utilidad para posteriores investigaciones; se intenta identificar las condiciones y las variables en las que el fenómeno se presenta, además de sus relaciones. Se la puede aclarar también como aquella investigación que intenta definir indicadores que puedan explicar de manera clara un fenómeno, del que se tiene muy poca o nula información [21]

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Es importante en este caso esclarecer, precisar y detallar el comportamiento de estas variables en función del tiempo, dado el hecho de que esta investigación tiene como finalidad determinar la eficiencia del carbón activado como material filtrante en efluentes de curtiembre utilizando parámetros de biodegradabilidad y calidad del agua; es decir, es primordial describir las características más destacables del fenómeno, se generará por consecuencia una acumulación de información para futuras investigaciones y se posibilita la aplicación de métodos más idóneos para enfrentarse con el fenómeno a futuro; además se posibilitará la comprensión de las causas que definen a un específico objeto de estudio, generando conexiones entre las variables en función del tiempo. [21]

INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Se van a controlar y manipular las variables que enjerien en el fenómeno bajo condiciones bien definidas; se pretende que en un marco experimental se presenten condiciones para poder ver ampliamente la evolución de la variables y poder potencializar la coompensión de las mismas y su nexco con el propósito de estudio. [21]

INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Dada la situación de que esta investigación tiene un carácter probatorio, se intenta conocer de manera clara las causas y los efectos que predominan en el fenómeno; siendo además, inferencial y de tipo reduccionista; está sujeta a la verificación mediante métodos cuantitativos, con su debida demostración de hipótesis. [21]

INVESTIGACIÓN INDUCTIVA

Dado a que se pretende partir de una hipótesis planteada para un caso particular a conclusiones de carácter general y de peculiaridad vasta esta investigación se la puede definir como inductiva. [21]

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

La población se conoce como el conjunto de elementos o fenómenos en los que se presente una serie de características que pueden ser analizadas. A la población se le pretende extrapolar los resultados. [22]

Se considera que la población de estudio corresponde a la producción de agua residual en la industria; como se detalla en el capítulo 4 en apartado de recolección de datos, este valor está a razón de 7840 lt/semana.

MUESTRA

Se considera que una muestra debe ser representativa exponiendo en sí misma el mismo grado de complejidad que la población. [22]

La industria genera aguas residuales, en promedio, 6 días a la semana; al ingresar agua residual al tanque homogeneizador del filtro todos los días que se produzcan descargas en la industria, se estima al tamaño de la muestra el correspondiente al volumen ingresado al filtro, entonces será de 330 gal cada semana.

$$n = \text{Vol} * \text{Df}$$

$$n = 55 \text{ gal} * 6 \text{ días}$$

$$n = 330 \text{ gal}$$

n Tamaño de la muestra

Vol Volumen del tanque de homogeneización del filtro

Df Días de funcionamiento del filtro a la semana

Se realizarán análisis del agua sometida a un proceso de filtrado cada 10 días, por lo que el número de informes de resultados de agua filtrada será 9.

Debido al funcionamiento de la Empresa “Curtiembre Quisapincha”, es inviable la opción de mezclar efluentes de diferentes procesos; ya que las descargas se hacen a diferentes horarios y en diferentes días dependiendo del proceso; esto con el fin de evitar su mezcla e incurrir a un tratamiento más complicado dentro de la empresa, por lo que, se tomarán efluentes de cada proceso el día al momento de su descarga y se los almacenará en el tanque de abastecimiento destinado al filtro. Por el hecho de que la empresa tiene tres tipos de efluentes, pelambre, curtido y teñido, se trabajará con 3 muestras crudas.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Definición Operacional o Concepto	Categorización o Dimensión	Indicador	Ítem	Técnicas e Instrumentos
El filtro de carbón activado, se estima, funcionará como un filtro biológico, donde prevalecerá un sistema dual anaerobio y aerobio para la depuración de aguas residuales; comenzará a funcionar como tal al poner en contacto aguas residuales al carbón activado que actuará como un lecho de soporte fijo, generando un efectivo lecho de oxidación a nivel biológico. A nivel interior se generarán mayoritariamente condiciones anaerobias, en contraparte, a nivel externo las condiciones serán aerobias. Adicionalmente, antes de la formación de una biopelícula, el carbón activado ejercerá acciones depurativas de adsorción.	Depuración del agua residual	Calidad del agua residual	Remoción y disminución de los parámetros de biodegradabilidad y calidad	Tabla de Resultados
	Material Filtrante	Carbón Activado	Eficiencia de remoción	Tabla de resultados

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Definición Operacional o Concepto	Categorización o Dimensión	Indicador	Ítem	Técnicas e Instrumentos
Los parámetros establecidos, DQO, DBO ₅ y Cr ⁺⁶ deben presentar una reducción después de ser el agua residual inducida a un proceso de filtración	Parámetros de biodegradabilidad y calidad correspondientes a la caracterización del agua residual	DQO	¿Qué nivel de DQO está presente en la muestra?	Análisis de Laboratorio
		DBO ₅	¿Qué nivel de DBO ₅ está presente en la muestra?	Análisis de Laboratorio
		Cr ⁺⁶	¿Qué nivel de Cr ⁺⁶ está presente en la muestra?	Análisis de Laboratorio
		Límites máximos permisibles de descarga	¿Las concentraciones están por debajo de los límites?	Registro Oficial normas TULSMA
Efluentes	Empresa “Curtiembre Quisapincha”		¿Qué efluentes produce?	Observación en el sitio
			¿Con que frecuencia se realizan descargas?	Observación en el sitio
			¿Son biodegradables?	Análisis de resultados

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
¿Qué evaluar?	El carbón activado, como material filtrante
¿Sobre qué evaluar?	La capacidad depurativa y la eficiencia del material
¿Sobre qué aspectos?	Los parámetros de biodegradabilidad y calidad del agua como son DQO, DOB ₅ , Cr ⁺⁶ .
¿Quién evalúa?	Christian Paúl Mera Parra
¿A quiénes evalúa?	Al agua residual de los efluentes principales de la empresa “Curtiembre Quisapincha”, antes y después de ser inducida al proceso de filtración
¿Dónde evalúa?	En laboratorios de ensayos con certificación del “Servicio de Acreditación Ecuatoriano”
¿Cómo y con qué?	Mediante métodos estandarizados para la determinación de parámetros realizados por laboratorios de ensayos

Tabla 4. Plan de recolección de información

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 PLAN DE PROCESAMIENTO

En una primera instancia se efectuó un desarrollo ligado a la acumulación de información bibliográfica destinada al sustento teórico del proyecto, se realizó también la clasificación pertinente de información y datos a partir del planteamiento de las variables; dependiente e independiente; además de la hipótesis, posteriormente, se realizó la representación tabulada y gráfica de los valores obtenidos en los análisis de los parámetros planteados.

En lo concerniente al filtro, se ubicó el prototipo del mismo en las instalaciones de la Empresa “Curtiembre Quisapincha”, ubicada en la parroquia Quisapincha del Cantón Ambato, con la intencionalidad de dotar cierto grado de seguridad a la integridad física del prototipo, además de simplificar el llenado del tanque de abastecimiento y facilitar la toma de muestras. El material filtrante es el carbón activado granular de origen vegetal.

Se ha considerado primordial la evaluación de dos parámetros relacionados a la biodegradabilidad como son la DQO y la DBO₅ además de un parámetro altamente contaminante presente frecuentemente en las descargas de procesos de curtidos como es el Cr⁺⁶, el cual se considera altamente cancerígeno. Se tiene tres muestras crudas, una por cada tipo de descarga de agua residual presente en la empresa “Curtiembre Quisapincha”, los efluentes son el correspondiente al proceso de curtido, el de pelambre y el de teñido.

Cada vez que se presentó una descarga se optó por llenar el tanque alimentador del filtro e inducir el agua residual hacia el material filtrante, cabe recalcar que cada 10 días se tomaron muestras del agua residual filtrada, y se las envió a un laboratorio para evidenciar el valor de los parámetros de DQO, DBO₅ y Cr⁺⁶. La toma de muestras se realiza en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169; se tuvo en cuenta que tanto para la muestras crudas como para las muestras de agua residual filtrada existe una carga contaminante constante, por lo que un muestreo simple es el más adecuado e idóneo para ejecutar el proceso de toma de muestras.

DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL FILTRO

El diseño del medio filtrante ha considerado como principal criterio la fundamentación teórica ligada al concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) con la finalidad de aparentar las acciones de remoción de contaminantes que se presentarían en un modelo a escala real.

El valor de TRH asumido es de 5.25 horas, recomendado por el TULSMA, valor considerado para el diseño de filtros cuyo material de medio filtrante se encuentra empacado y se omiten características como porosidad, volumen de vacíos, etc.

El volumen del medio filtrante es de 35 litros, el valor de TRH debe lograr aparentar las supuestas condiciones más críticas para el funcionamiento del filtro.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}}$$

$$TRH = 333.33 \text{ min} = 5.55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

$$Q = \frac{V}{TRH} = \frac{35 \text{ lt}}{5.55 \text{ horas}} = 0.105 \text{ lt/min}$$

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 retención hidráulica (h)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m ³ 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 ³ d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Tabla 5. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.

Fuente: Chernicharo de Lemos, 2007

El volumen del tanque de abastecimiento se asume con la cantidad de agua necesaria para inducir el caudal de agua necesario por 24 horas, además de un factor de seguridad para asegurar un funcionamiento permanente.

$$Q = 0.105 \text{ lt/min} = 40 \text{ gal/día}$$

$$V_{\text{TANQUE}} = 40 + 15 = 55 \text{ galones}$$

En resumen, el prototipo del sistema consiste, principalmente, en un tanque de abastecimiento y un recipiente plástico adaptado con una bandeja de acero; el tanque será cargado con 55 galones de agua residual, esta, será conducida hacia el filtro mediante un sistema de tuberías; sistema que comienza a 15 centímetros de la parte más baja del tanque de abastecimiento y termina a 1 metro hacia abajo en la parte superior del recipiente que contiene el material, el contenido del tanque será inducido a razón de 0.105 lt/min; en este punto, el agua es vertida a través de goteo a lo ancho del lado más corto del recipiente, sobre el recipiente reposa una bandeja metálica con agujeros armónicamente distribuidos y con las dimensiones suficientes para dejar pasar el agua, esto con la finalidad de distribuir uniformemente el agua en todo lo largo y ancho del recipiente y del material filtrante, debajo del material filtrante y dentro del recipiente plástico contenedor se encuentra la bandeja de acero, en cuyo centro se ubica un canal encausado hacia un solo punto de descarga, el volumen ocupado por el material filtrante en el recipiente contenedor es de 35 litros.

PROCESO DE PRODUCCIÓN BÁSICO DE LA EMPRESA “CURTIEMBRE QUISAPINCHA”

En lo concerniente al funcionamiento industrial de la empresa “Curtiembre Quisapincha”, se puede aseverar que de manera general existen cuatro procesos, el de ribera, el de curtición, el de acondicionamiento y secado y el correspondiente a acabados; cada uno de los procesos cumple un objetivo para dotar al cuero de determinadas características con la finalidad de alcanzar un producto final conforme a las necesidades y demandas de los solicitantes o clientes.

PROCESO RIBERA

CONSERVACIÓN CON SAL Y REMOJO.

En una primera instancia se realiza la salinización de las pieles, esta se efectúa en un área destinada a la conservación de las mismas a través de la aplicación de sal común en grano; posteriormente se ejecuta el remojo, se consigue al colocar en agua las pieles secas cargándolas a los fulones, esto con la intención de dotar a las pieles un hinchamiento y flexibilidad natural, además, con esta acción se retira lodo, fango, sangre, material fecal, y algunos de agentes de conservación previamente añadidos; durante el remojo se añade hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio y preparaciones enzimáticas. [23]



Figura 1. Proceso Ribera Etapa Conservación en Sal

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

PELAMBRE

Para este proceso la piel ya está cargada en los fulones, aquí se añade una solución de sulfuro de sodio con cal, al rotar los fulones durante 24 horas se intenta retirar de la epidermis todo elemento constitutivo del cuero a excepción del colágeno. [9] Algunos de estos elementos son las proteínas estructuradas y mucoproteínas, normalmente localizadas en la sangre y en el líquido linfático, la remoción de estos se torna en un incremento en el efluente de la DBO₅. [23]

Otro elemento ajeno al colágeno en el cuero es el pelo, constituido mayoritariamente de queratina se le considera química y bioquímicamente estable, es esencialmente para la eliminación de este elemento el uso de importantes cantidades de cal y sulfuro, lo que da como resultado un efluente con alcalinidad alta, un medio con elevado contenido de DBO_5 y por obviedad grandes cantidades de sólidos suspendidos. Las grasas presentes en la epidermis se llegan a saponificar de manera parcial en el medio alcalino generado. [9]

Entre los residuos importantes generados en este proceso se encuentran los sulfuros, elevadamente tóxicos, además con un pH de valor 10 en el efluente, se genera ácido sulfhídrico gaseoso, mortal si se inhala en grandes concentraciones. La cal apagada es otro residuo importante, genera grandes cantidades de sólidos en suspensión. [9] La finalidad de este proceso es dotar a la piel tratada de una estructura reticular más floja y un consecuente hinchamiento de la piel, además, esto facilita al posterior descarnado y dividido. [23]



Figura 2.Proceso Ribera Etapa Pelambre

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

DESCARNADO

Este proceso consiste en eliminar las carnosidades (vestigios de músculos y nervios del tejido subcutáneo) empleando maquinaria, además de grasa y trozos de piel deteriorada. [23] La máquina utilizada en este proceso se la conoce como descarnadora, esta posee unas cuchillas en espiral, que mediante rotación retiran lo mencionado, dejando un terminado liso. [9]



Figura 3. Proceso Ribera Etapa Descarnado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

DIVIDIDO

Al cuero se lo divide según su espesor, en dos partes, este proceso se encauza a alcanzar el espesor deseado del artículo final, la maquina encargada de este proceso se la conoce como “Divididora”. [23] En la máquina, una cuchilla dispuesta horizontalmente divide al cuero en dos capas, la superior se denomina “cuero flor” y la inferior “descarne”. [9]



Figura 4.Proceso Ribera Etapa Dividido

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

PROCESO DE CURTICIÓN

PIQUELADO

Proceso previo al curtido, consiste en someter a las pieles a una acidificación mediante en inducimiento de compuestos como ácido fórmico, mejorando la infusión del agente curtiente en la parte interna de la piel y no únicamente en las capas externas. Se realiza en los mismos fulones donde se realizará el curtido. [23]

CURTIDO

Se coloca las pieles; después de ser divididas; en los fulones, donde, de acuerdo a la finalidad del producto se añade una dosificación específica de sales de Cr^{+3} con agua; permaneciendo en los fulones por 18 horas, el objetivo del tratamiento químico con sales de cromo es principalmente impedir la degradación biológica del cuero. Aquí se logra entablar una estabilidad química y biológica del cuero, al afianzar el colágeno de la piel a través del agente curtidor, en este caso, cromo, en consecuencia además, se logra generar cueros delgados y de textura suave. [23]

Este proceso genera efluentes de pH relativamente bajos. El cromo es consigue que la piel consigue temperaturas de contracción elevadas, mayores a los 100°C . [9] Para el proceso industrial se usa Cr^{+3} , pero se debe tener en cuenta la posible oxidación del mismo y evitar maniobras de tipo antropogénico que conlleven a la generación de Cr^{+6} , como el contacto con un medio acuoso de pH alto. [13]



Figura 5. Proceso Curtición Etapa Curtido

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

ESCURRIDO

Esta etapa se encuentra focalizada en estirar las pieles arrugadas y remover una considerable cantidad de humedad. [24] Para esto se emplean rodillos de presión donde el cuero es prensado y pierde un gran porcentaje de humedad. [9]



Figura 6. Proceso Curtición Etapa Curtido

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

REBAJADO

El espesor final del cuero es adquirido mediante el empleo una de una máquina raspadora provista con cuchillas que rotan de forma severamente rápida. [24]



Figura 7. Proceso Curtición Etapa Rebajado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

TEÑIDO

La coloración del cuero es otorgada en este proceso, esto puede hacerse a nivel superficial del mismo, o en la integridad del espesor; en este caso se usan colorantes sintéticos, se realiza en fulones grandes y estrechos para mejorar la adsorción del colorante en la piel. [9] Se lo suele considerar como un efluente de toxicidad relativamente mucho menor en comparación a otros como curtido o pelambre; sin embargo dado a que el agua residual de este proceso suele ser ácida, con DQO y DBO₅ de contenido elevado y color muy superior a los límites, un tratamiento posterior es indispensable previo a la descarga a la red de saneamiento. [24]



Figura 8. Proceso Curtición Etapa Teñido

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

ACONDICIONAMIENTO Y SECADO

SECADO AL VACÍO

La intención de este proceso es eliminar el agua restante presente en el cuero, se realiza mediante la utilización de plataformas de acero con agujeros armónicamente distribuidos, dentro de una cubierta. Los cueros son extendidos en las plataformas. [8]



Figura 9. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Secado al Vacío

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

MOLLIZADO

Durante el secado al vacío las fibras del cuero sufren retracción, entonces, la finalidad de este proceso es quebrar dichas fibras, al perder adhesión, se obtiene un producto con alta maleabilidad. Esto consiste en un traccionamiento mecánico. [23]



Figura 10. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Mollizado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

ZARANDEADO

Es en este proceso donde se le da al cuero la suavidad necesaria en relación al uso que se le dará posteriormente, se emplea un fulón de mallas. [8]



Figura 11. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Zarandeado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

ESTACADO

Esta etapa consiste en el estiramiento del cuero, el equipo Toggling, mediante el clavado del cuero en marcos metálicos con ganchos especiales, se efectúa un secado controlado. Se eliminan residuos mínimos de humedad y se le confiere una forma definitiva al cuero. [23]



Figura 12. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Estacado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

LIJADO

La etapa de lijado consiste en dotar a un lote de cueros de un espesor uniforme, esto se logra a través del uso de la máquina denominada Lijadora, la cual consta de un sistema de cuchillas en espiral, un cilindro giratorio transportador y un cilindro de retención. [8]



Figura 13. Proceso Acondicionamiento y Secado Etapa Lijado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

PROCESO DE ACABADOS

PINTADO Y LACADO

En el área de trabajo destinada a este proceso se le confiere; mediante la aplicación de producción químicos filmógenos colorantes; el color que tendrá el cuero de acuerdo al uso al que estará destinado, se realiza con una pistola aerográfica a distancia. [23]



Figura 14. Proceso Acabados Etapa Pintado y Lacado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

PRENSADO

Aquí se corrigen defectos o fallas del lado flor del cuero, además de otorgar distintos acabados en relieves y texturas; de ser necesario. Se emplea una prensa hidráulica, al cuero se lo coloca en una plataforma metálica inferior y la parte superior se encarga de ejercer presión. [8]



Figura 15. Proceso Acabados Etapa Prensado

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

MEDIDO, CLASIFICADO Y EMPAQUETADO

Se efectúa la cuantificación de las medidas del cuero, se clasifica en función del grosor, y se empaqueta en paquetes de 10 unidades. [8]

DIAGRAMA INGENIERIL DE PRODUCCIÓN DE AGUA RESIDUAL Y DISPOSICIÓN FINAL DE EFLUENTES EN LA EMPRESA "CURTIEMBRE QUISAPINCHA"

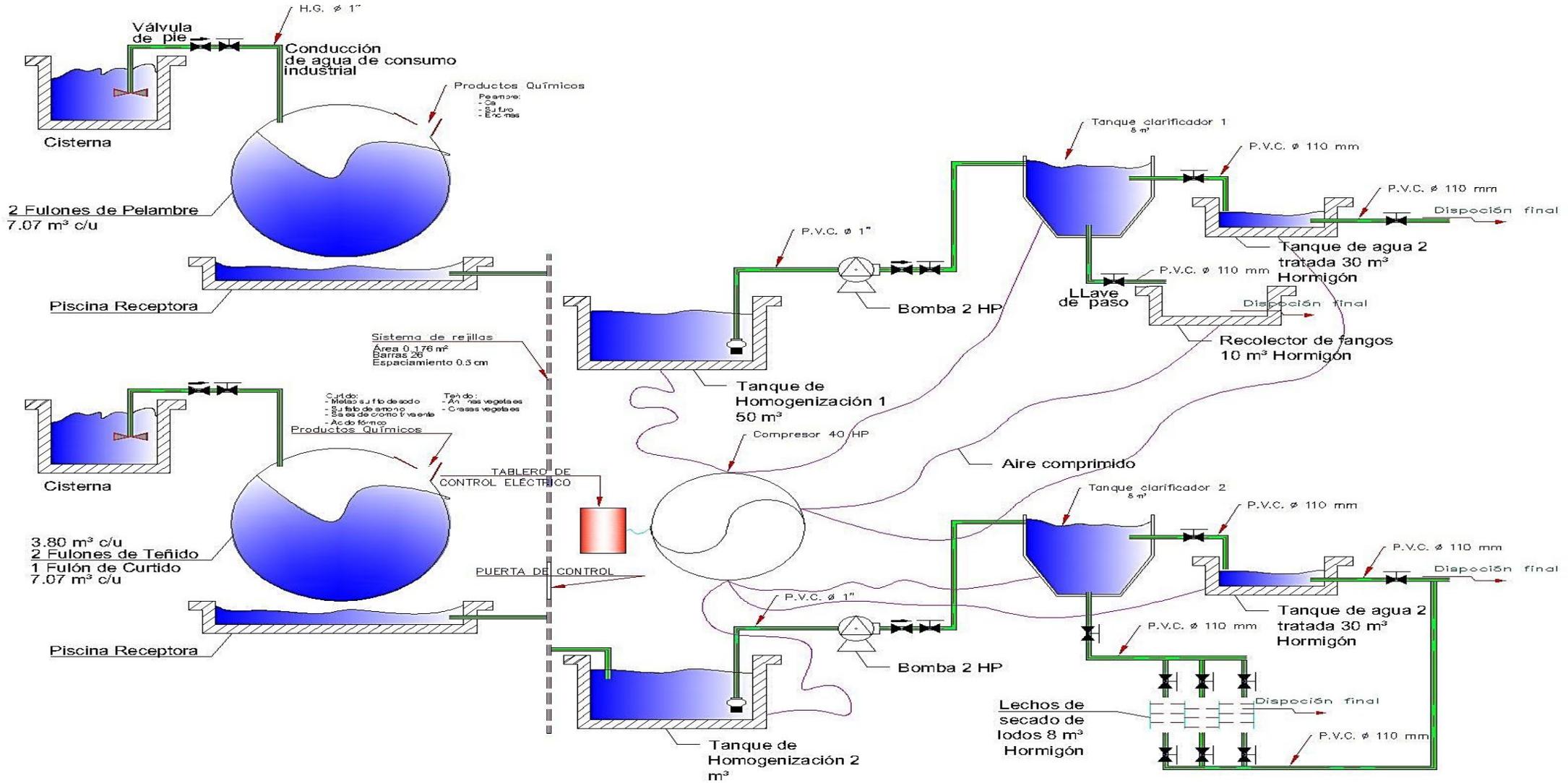


Figura 16. Disposición de efluentes

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

3.5.2 PLAN DE ANÁLISIS

Mediante lo expuesto en el plan de procesamiento, se puede generalizar que, la empresa “Curtiembre Quisapincha” tiene cuatro procesos principales, el proceso de ribera, el proceso de curtición, el proceso de acondicionamiento y secado, y finalmente, el proceso de acabados. Para la etapa de conservación de las pieles se utiliza sal en grano; posteriormente para la pelambre y el remojo se utiliza cal, sulfuro y encimas, se depositan en los fulones por dos días completos; para el piquelado se usa metabisulfito de sodio y sulfato de amonio previo al curtido en donde se añade sales de cromo y ácido fórmico, dejando la piel en los fulones por 2 días; finalmente el teñido usa anilina vegetal y grasas vegetales. Es en las etapas de pelambre, cutido y teñido donde se efectúan las descargas de la industria con alta carga contaminante. Mensualmente son producidos más de 3100 kg de piel de res.

Una vez expuestos los resultados de los parámetros establecidos, tanto en gráficos como en tabulaciones, se efectuará el análisis e interpretación de los mismos, además de una comparación y discusión bibliográfica, para posteriormente, comprobar la hipótesis plateada, y esclarecer las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 DETALLE DEL ESTABLECIMIENTO

La empresa en donde se realiza la investigación y se obtiene el efluente de agua residual para el estudio se llama “Curtiembre Quisapincha”, está ubicada en la parroquia Quisapincha del cantón “Ambato”.



Figura 17. Ubicación Curtiembre Quisapincha

Fuente: **Google Earth 2017**

Realizado por: **Christian Paúl Mera Parra**

PRODUCCIÓN

Se realizó el seguimiento en el mes de agosto, la información proporcionada por la empresa indica que se recibió en total 3129 kg de piel de res a ser procesada hasta la etapa de estacado; los cueros terminados y vendidos correspondieron a los procesados a semanas anteriores.

OPERACIÓN

La curtiembre empieza su jornada laboral a las 05:00 am y culmina a las 19:00 pm, de lunes a viernes, los días sábados la empresa abre las puertas a sus empleados a las 07:00 am y finaliza su producción a las 17:00 am.

MATERIA PRIMA

Para la etapa de conservación de las pieles se utiliza sal en grano; posteriormente para la pelambre y el remojo se utiliza cal, sulfuro y encimas, se depositan en los fulones por dos días completos; para el piquelado se usa metabisulfito de sodio y sulfato de amonio previo al curtido en donde se añade sales de cromo y ácido fórmico, dejando la piel en los fulones por 2 días; finalmente el teñido usa anilina vegetal y grasas vegetales.

4.1.2 CAUDAL DE CONSUMO INDUSTRIAL

El agua de consumo es bombeada a diario desde una quebrada adyacente a las instalaciones de la empresa; la quebrada consta de régimen permanente y caudal considerable; llega hasta un desarenador y es conducida a través de canales subterráneos al tanque de consumo. El tanque de agua exclusivo para el consumo perteneciente a la empresa presenta determinadas desventajas, el acceso al mismo es limitado, la tapa de entrada está sellada de hormigón, además, el cuero flor se deposita sobre la misma, por lo que es inviable la medición a través de niveles de agua en distintos puntos del día. Tomando en cuenta las limitaciones se optó por medir mediante aforos el caudal del agua bombeada antes de ingresar al desarenador y registrar el tiempo que permanecía encendida. Se llegó a los siguientes resultados, el caudal medio diario está a razón de 0.046 lt/seg, el caudal máximo horario tiene un valor de 0.063 lt/seg, finalmente, el caudal máximo diario es igual a 0.126 lt/seg.

Caudal Promedio de Funcionamiento para la Bomba		
Recipiente de aforo: Balde blanco de uso industrial 20lt		
Tiempo de rebose del recipiente	Caudal lt/seg	
Tiempo 1	3.2 seg	6.25
Tiempo 2	2.7 seg	7.41
Tiempo 3	2.9 seg	6.9
Tiempo 4	2.8 seg	7.14
Tiempo 5	3.0 seg	6.67
Tiempo 6	3.2 seg	6.25
Tiempo 7	3.3 seg	6.06
Promedio Caudal		6.67

Tabla 6. Medidas de Aforos.

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

Caudal de consumo de la empresa “Curtiembre Quisapincha”				
Caudal de la bomba 6.67 lt/seg				
Día de control	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo que permanece encendida (minutos)	Volumen Ingresado (m³)
Lunes 18 de Septiembre	5:05 am	5:57 am	52	20.81
Martes 19 de Septiembre	5:17 am	5:55 am	38	15.21
Miércoles 20 de Septiembre	5:05 am	5:52 am	47	18.81
Jueves 21 de Septiembre	5:32 am	6:10 am	38	15.21
Viernes 22 de Septiembre	5:12 am	5:48 am	36	14.41
Sábado 23 de Septiembre	5:05 am	6:12 am	67	26.81
Domingo 24 de Octubre	-	-	0	0
Total				111.26

Tabla 7. Caudal de Consumo Curtiembre Quisapincha

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

$$Q_{\text{mediodiarario}} = 4.05 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{mediodiarario}} = 0.046 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = k_1 * Q_{\text{mediodiarario}}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = 1.35 * 0.046 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximohorario}} = 0.063 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximodiario}} = k_2 * Q_{\text{máximohorario}}$$

$$Q_{\text{máximodiario}} = 2.0 * 0.063 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{máximodiario}} = 0.126 \text{ lt/seg}$$

K1 (1.3 – 1.5) Coeficiente caudal máximo diario

K2 (2.0 – 2.3) Coeficiente caudal máximo horario

4.1.3 CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL

El caudal consumido diariamente en la empresa “Curtiembre Quisapincha” se ve distribuido en función del proceso planificado y la demanda estimada, siendo el caso que, por lo general, se mantiene semanalmente el siguiente plan de descarga. Cabe recalcar que la cantidad de agua consumida depende directamente del peso de la piel a ingresar a cada bombo, siendo el caso, que para un bombo de pelambre el 50% del peso total de la piel debe ser ingresado en agua, es decir 2000 kg piel por 1000 lt de agua; para el caso de curtido el peso de la piel se ve más reducido, en cada fulón el 40% del peso de la piel en agua se usa en agua, a 1200 kg piel le corresponden 480 lt agua, finalmente para el teñido, el cuero se ve drásticamente reducido en peso, el porcentaje correspondiente al peso en agua es de 50%, tal es el caso que se ingresan 300 kg de cuero con 150 litros de agua. Se descargan los bombos en piscinas receptoras ubicadas en las bases de los mismos y a través de un sistema de rejillas el efluente es conducido a los tanques homogeneizadores correspondientes para su tratamiento, este proceso de descarga y conducción tarda alrededor de 1 hora y media. Se llegó a tener un caudal medio diario a razón de 7.84 m³/día, es decir, 0.013 lt/seg.

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL

Bombos o fulones				Días de estudio						
Procesos y Etapas	Volumen del fulón m³	Peso de piel kg	Volumen de agua lt	Lunes 18/09/17	Martes 19/09/17	Miércoles 20/09/17	Jueves 21/09/17	Viernes 22/09/17	Sábado 23/09/17	Domingo 24/09/17
Pelambre 1	7.07	2000	1000	1			1			
Pelambre 2	7.07	2000	1000	1			1			
Curtido 1	7.07	1200	480	1			1	1		
Teñido 1	3.80	300	150	2	2	2		2		
Teñido 2	3.80	300	150	2	2	2		2		
Total lt				3080	600	600	2480	1080	0	0
ΣV lt				7840						
Qmediodiaro lt/seg				0.013						

Tabla 8. Caudal del Agua Residual

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

4.1.4 VOLUMEN DE AGUA INGRESADO AL FILTRO

Durante los 90 días de funcionamiento del filtro se ingresó las siguientes cantidades de agua residual industrial según el efluente:

- Pelambre: 1320 galones
- Curtido: 495 galones
- Teñido: 895 galones

Es decir 4.99 m³ de pelambre, 1.87 m³ de curtido y 3.12 m³ de teñido, siendo 9.98 m³ el volumen total de agua residual ingresado al filtro.

4.1.5 ESTRUCTURACIÓN DEL FILTRO

PRESUPUESTO DEL PROTOTIPO DEL FILTRO

Descripción del Producto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tanque 55 galones	Tanque	1	20	20
Guardamóvil Grande PIKA	Guardamóvil	1	30	30
Carbón Activado Granular	Saco	1	110	110
Cruza muros PVC ϕ ½"	Cruza muros	1	2.54	2.54
Unión universal PVC ϕ ½"	Unión universal	1	2.00	2.00
Llave de paso PVC ϕ ½"	Llave de paso	1	3.55	3.55
Codo 90° PVC ϕ ½"	Codo	1	0.85	0.85
Tapón hembra PVC ϕ ½"	Tapón hembra	2	0.64	1.28
Tubo PVC ϕ ½"	Tubo PVC 6m	1	4.85	4.85
Trípode de soporte para el tanque de 55 galones	Trípode	1	85	85
Total				260.07

Tabla 9. Presupuesto del Prototipo del Filtro

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

OBTENCIÓN DEL MATERIAL DEL MEDIO FILTRANTE

Se obtuvo el material a mediante compra, el carbón activado granular de origen vegetal. Se lo adquirió de la compañía CABOT NORIT ACTIVATED CARBON, adjuntándose la especificación técnica del producto en los anexos.

4.1.6 CRONOGRAMA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

El filtro biológico se mantuvo en funcionamiento 90 días, se tomó muestras filtradas cada 90 días, se tuvo 3 muestras crudas

CRONOGRAMA – RECOLECCIÓN DE MUESTRAS FILTRADAS Y CRUDAS PARA ANÁLISIS													
Descripción		Filtrada									Cruda		
Número		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Curtido	Pelambre	Teñido
Parámetros	DQO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DBO ₅	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Cr ⁺⁶	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DQO Demanda Química de Oxígeno DBO ₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno Cr ⁺⁶ Cromo Hexavalente													

Tabla 10. Cronograma recolección de muestras

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

4.1.7 RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

En las siguientes tablas se expondrán las concentraciones de DQO, DBO₅ y Cr⁺⁶ presentes en las muestras crudas y las inducidas a filtración, dichos valores fueron medidos y expuestos en “Informe de Resultados Análisis Físico Químicos” por, el laboratorio Lacquanálisis S.A. y el Laboratorio de Investigación y Análisis

Ambiental LIAA-GADMA, ambos cuentan con la acreditación de Laboratorio de Ensayos otorgado por el Servicio de Acreditación de Ecuatoriano.

Tabla 11. Resultados de los análisis físico químicos.

Días de func.	Descripción	Parámetros			Unidades	Información por muestra	
		DQO	DBO ₅	Cr ⁺⁶		Fecha de toma de muestra	Laboratorio
	Curtido	2032.00	371.53	1.12	mg/lt	24 de Julio de 2017	Lacquanálisis S.A.
	Teñido	7590.00	2844.73	0.16	mg/lt	28 de Octubre de 2017	LIAA-GADMA
	Pelambre	2050.00	15525.00	0.02	mg/lt	28 de Agosto de 2017	Lacquanálisis S.A.
10	Curtido Muestra 1	1161.00	767.53	0.06	mg/lt	28 de julio 2017	Lacquanálisis S.A.
20	Curtido Muestra 2	2674.00	525.56	0.06	mg/lt	07 de agosto 2017	Lacquanálisis S.A.
30	Curtido Muestra 3	2050.00	2325.00	0.02	mg/lt	17 de agosto 2017	LIAA-GADMA
40	Pelambre Muestra 4	2050.00	17600.00	0.02	mg/lt	28 de agosto 2017	LIAA-GADMA
50	Pelambre Muestra 5	19376.00	2478.72	0.05	mg/lt	07 de septiembre 2017	LIAA-GADMA
60	Pelambre Muestra 6	2050.00	12175.00	0.02	mg/lt	18 de septiembre 2017	Lacquanálisis S.A.
70	Curtido Muestra 7	2050.00	5187.50	0.02	mg/lt	28 de septiembre 2017	Lacquanálisis S.A.
80	Pelambre Muestra 8	13518.00	2836.71	0.06	mg/lt	10 de octubre 2017	Lacquanálisis S.A.
90	Teñido Muestra 9	3694.00	2651.23	0.03	mg/lt	10 de octubre 2017	Lacquanálisis S.A.
Límite Máximo Permissible de Descarga		500.00	250.00	0.50	mg/lt	Tabla 8 Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

EFICIENCIA DE REMOCIÓN POR PARÁMETRO ANALIZADO EN RELACIÓN A LAS MUESTRAS CRUDAS.

Se mide en porcentaje y sigue el procedimiento de cálculo aplicado por [29], está dado por:

$$Eficiencia\ de\ Remoción = \frac{C_0 - C_1}{C_0} * 100$$

Donde

C_0 Concentración Inicial

C_1 Concentración Final

Tabla 12. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de curtido.

Efluente de Curtido		
Parámetro		DQO
Concentración Inicial mg/lit		2032.00
Concentración Final mg/lit	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
1161	10	42.86
Parámetro		Cr ⁺⁶
Concentración Inicial mg/lit		1.12
Concentración Final mg/lit	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
0.06	10	94.73
0.06	20	94.73
0.02	30	98.21
0.02	70	98.21

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

Tabla 13. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de pelambre.

Efluente de Pelambre		
Parámetro		DBO ₅
Concentración Inicial mg/lit		15525.00
Concentración Final mg/lit	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
2478.72	50	84.03
12175	60	21.58
2836.71	80	81.73

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

Tabla 14. Eficiencias de remoción destacables por parámetro del efluente de teñido

Efluente de Teñido		
Parámetro		DQO
Concentración Inicial mg/l		7590.00
Concentración Final mg/l	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
3694	90	51.33
Parámetro		DBO ₅
Concentración Inicial mg/l		2844.73
Concentración Final mg/l	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
2651.23	90	6.80
Parámetro		Cr ⁺⁶
Concentración Inicial mg/l		0.16
Concentración Final mg/l	Días de Funcionamiento del Filtro	Eficiencia de Remoción %
0.03	90	82.21

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

PORCENTAJE POR PARÁMETRO ANALIZADO EN RELACIÓN A LOS LÍMITES PERMISIBLES DE DESCARGA A REDES DE ALCANTARILLADO SEGÚN TULSMA (2015).

Para describir el monitoreo realizado conforme a los límites permisibles de descarga estipulados en el TULSMA para descargas a redes de alcantarillado, y para ampliar su desarrollo, se ha optado por representar en la siguiente tabla de los porcentajes por parámetro analizado, que indicarían la cercanía de estos al límite máximo permisible correspondiente; por ejemplo dada una concentración de DQO de 1161 mg/l y teniendo en cuenta que el 100% corresponde al límite permisible de descarga, es decir 500 mg/l, se tendría un porcentaje por parámetro igual a 232.2 %, por lo que se puede observar que supera ampliamente el límite estipulado.

Tabla 15. Porcentaje en relación a los límites TULSMA

Días	Descripción	Parámetros			Unidades	Porcentaje		
		DQO	DBO5	Cr+6		%Porcentaje DQO	% Porcentaje DBO ₅	% Porcentaje Cr ⁺⁶
	TULSMA 2015	500.00	250.00	0.50	mg/lt			
10	Curtido Muestra 1	1161.00	767.53	0.06	mg/lt	232.20	307.01	11.80
20	Curtido Muestra 2	2674.00	525.56	0.06	mg/lt	534.80	210.22	11.80
30	Curtido Muestra 3	2050.00	2325.00	0.02	mg/lt	410.00	930.00	4.00
40	Pelambre Muestra 4	2050.00	17600.00	0.02	mg/lt	410.00	7040.00	4.00
50	Pelambre Muestra 5	19376.00	2478.72	0.05	mg/lt	3875.20	991.49	10.00
60	Pelambre Muestra 6	2050.00	12175.00	0.02	mg/lt	410.00	4870.00	4.00
70	Curtido Muestra 7	2050.00	5187.50	0.02	mg/lt	410.00	2075.00	4.00
80	Pelambre Muestra 8	13518.00	2836.71	0.06	mg/lt	2703.60	1134.68	11.00
90	Teñido Muestra 9	3694.00	2651.23	0.03	mg/lt	738.80	1060.49	5.80

Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS EN EL TIEMPO DQO-TIEMPO

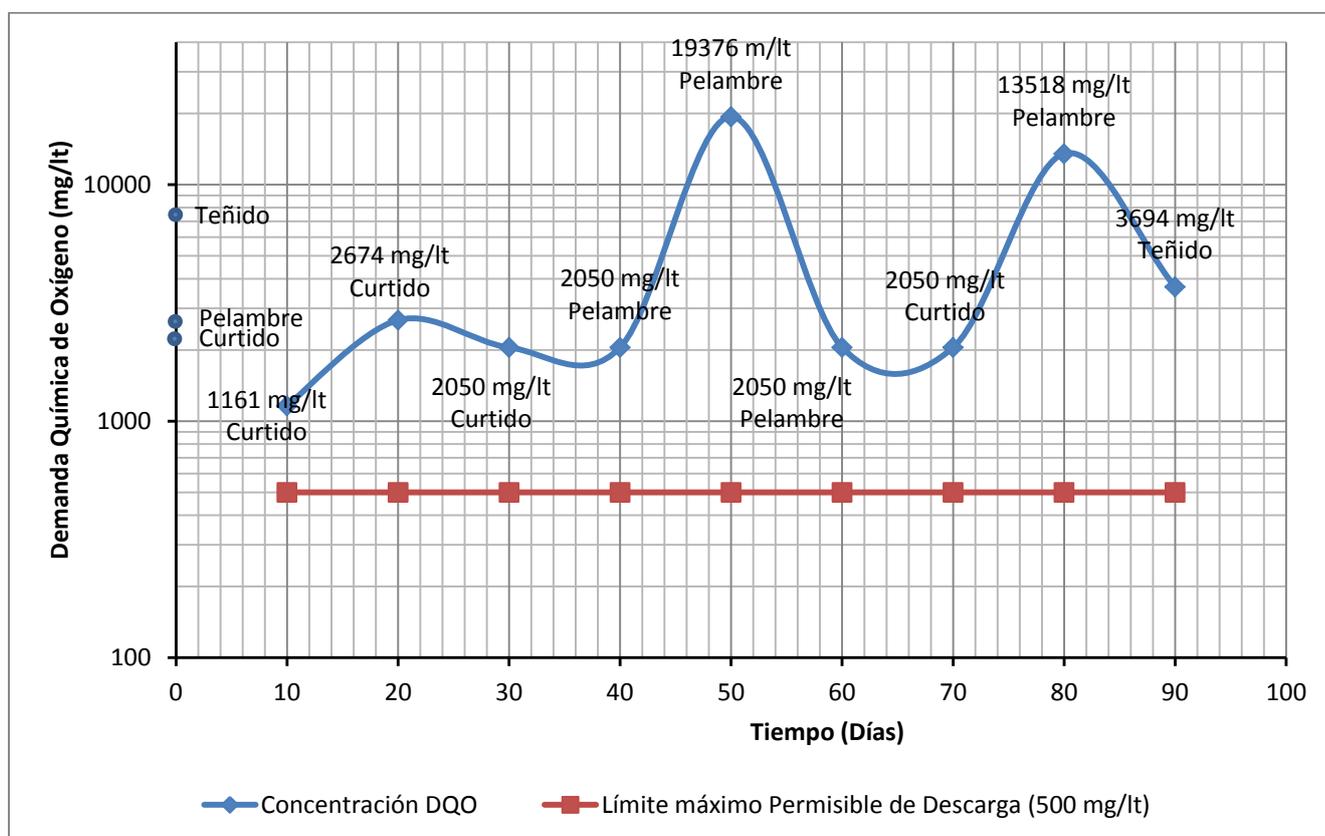


Figura 18. DQO-Tiempo (Esc Logarítmica)
Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

INTERPRETACIÓN DQO-TIEMPO

En primera instancia, a los 10 días de funcionamiento del filtro, se observa que existe una reducción en la concentración, de 2032 mg/Lt a 1161 mg/Lt, posteriormente, a los 20 días se presenta un incremento en relación a la muestra cruda, de 2032 mg/Lt a 2674 mg/Lt, a los 50 días, se registra un crecimiento en relación a la muestra cruda, de 2050 mg/Lt a 19376 mg/Lt; para la muestra del día 80 se registra un crecimiento en relación a la muestra cruda, de 2050 mg/Lt a 13518 mg/Lt; finalmente con el efluente de teñido, se observa una reducción de la concentración, de 7590 mg/Lt a 3694 mg/Lt; para los 30, 40, 60 y 70 días de funcionamiento las variaciones en relación a las muestra crudas correspondientes son mínimas o nulas.

DBO₅-TIEMPO

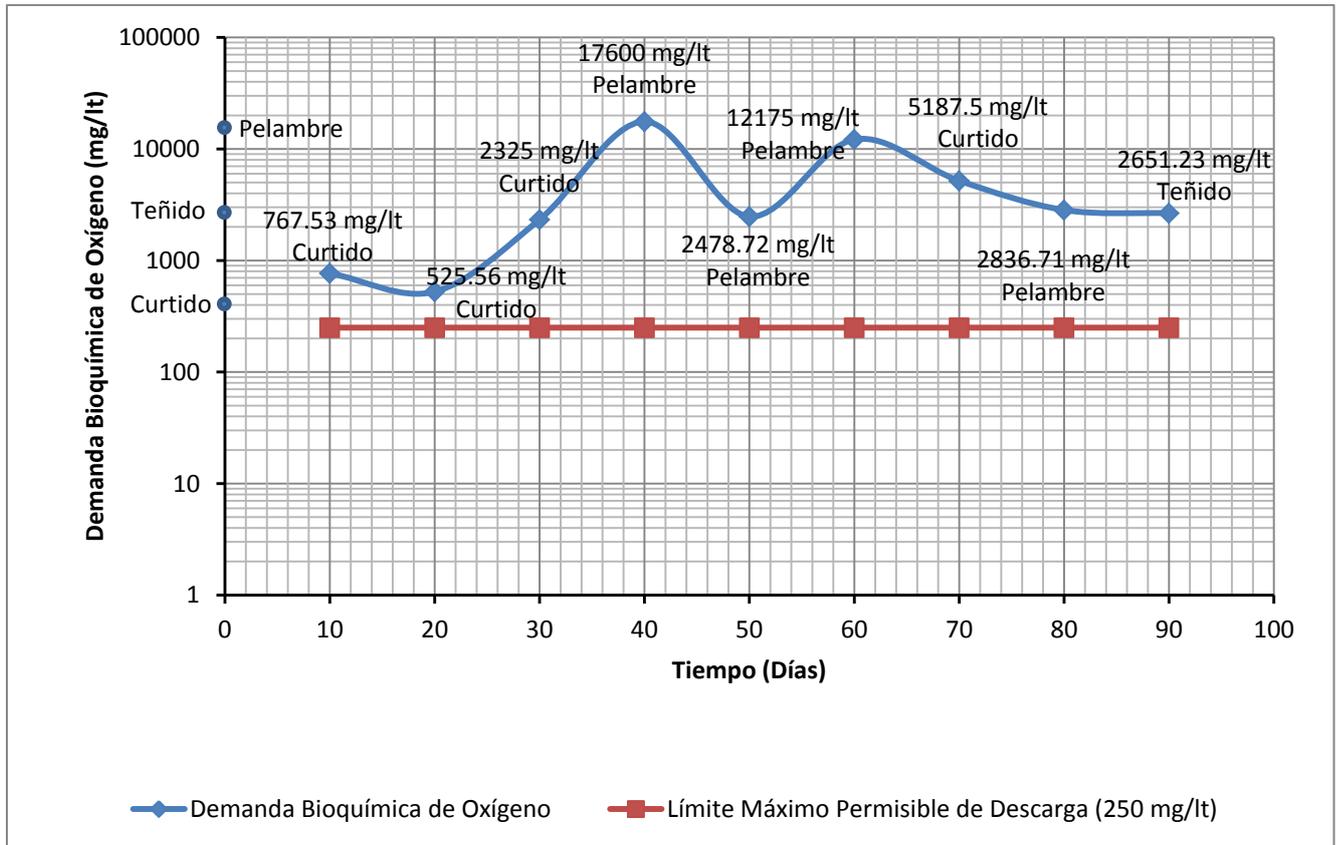


Figura 19. DBO₅-Tiempo (Esc Logarítmica)
Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

INTERPRETACIÓN DBO₅-TIEMPO

En un estado inicial, a los 10, 20, 30 y 40 días no se registra una disminución en la concentración de este parámetro, inclusive se observa un incremento en relación a la muestra cruda, por lo que se puede concluir hubo un aumento en la carga contaminante en la fuente; a los 50 días, se da una disminución en la concentración de DBO₅, de 15525.00 mg/Lt a 2478.72 mg/Lt, a los 60 días sigue existiendo una remoción, pero de menor alcance en relación a la muestra anterior. Para la siguiente muestra, se registra un aumento, de 371.53 mg/Lt a 5187.5 mg/Lt. Para la muestra del día 80 se genera una disminución de la carga contaminante, de 15525.00 mg/Lt a 2836.71 mg/Lt, finalmente, para la última muestra se observa una disminución ligera de la concentración de DBO₅, de 2844.73 mg/Lt a 2651.23 mg/Lt.

CROMO HEXAVALENTE (Cr⁺⁶)-TIEMPO

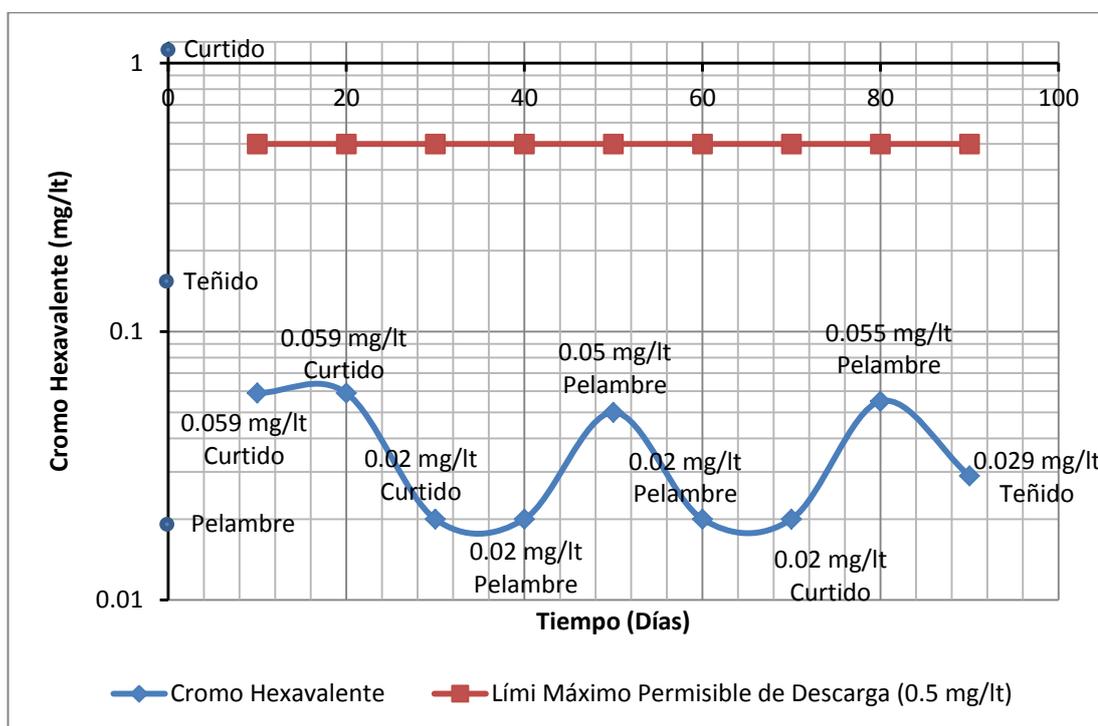


Figura 20. Cromo Hexavalente (Cr₊₆)-Tiempo (Esc Logarítmica)
Realizado por: Christian Paúl Mera Parra

INTERPRETACIÓN CROMO HEXAVALENTE (Cr⁺⁶)-TIEMPO

En primer lugar, a los primeros 10 días de funcionamiento, se observa una disminución sustancial de cromo hexavalente, de 1.12 mg/lt a 0.059 mg/lt, sigue sucediendo de manera similar para las muestras de los días 20, 30 y 70; a los 90 días, se presenta una remoción bastante considerable en relación a la muestra cruda, pero relativamente menor a la registrada en días anteriores, de 0.16 mg/lt a 0.03 mg/lt.

Para los 40, 50, 60 y 80 días de funcionamiento, la concentración de cromo hexavalente es la misma que en la muestra cruda para el efluente de pelambre, lo que indicaría la inexistencia de este contaminante para este tipo de descarga en particular.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN RELACIÓN AL TIEMPO.

Las muestras corresponden a tres efluente de la empresa “Curtiembre Quisapincha”, para las primeras 3 muestras, se ha trabajado con descargas de curtido; para las muestras de los días 40, 50 y 60 se ha trabajado con efluentes de pelambre; la siguiente muestra en el día 70 el efluente corresponde al proceso de curtido, para la muestra correspondiente al día 80 se ha trabajado con descargas de pelambre, finalmente la última muestra corresponde a la etapa de teñido.

ANÁLISIS EFICIENCIA DE REMOCIÓN DQO

En un estado inicial, a los primeros 10 días de funcionamiento, el material filtrante logra efectuar una remoción del 42.86 %, el efluente corresponde al proceso de curtido; para la muestra del día 90, se observa una remoción importante para el funcionamiento del filtro, la eficiencia de remoción corresponde al 51.33%, la muestra corresponde a teñido.

ANÁLISIS EFICIENCIA DE REMOCIÓN DBO₅

En un estado inicial, para la muestra correspondiente al día 50, se registra una eficiencia de remoción superior al 80% del efluente de pelambre; en el día 60 se registra una remoción bastante menor a la precedente; para la muestra ligada al día 80, se observa una favorable e importante remoción del 81.73%, el efluente corresponde al proceso de pelambre; finalmente para la muestra del día 90, se observa una mínima remoción de la carga contaminante, la muestra inducida al filtro corresponde a la descargas de teñido.

ANÁLISIS EFICIENCIA DE REMOCIÓN Cr⁺⁶

Para las muestras correspondientes a los días 10, 20 y 30, se registran eficiencias de remoción de cromo hexavalente superiores al 94 %, el efluente inducido al filtro corresponde al de curtido; a los 70 días de funcionamiento, la descarga tratada corresponde al proceso de curtido, para esta fecha, la muestra filtrada presenta una eficiencia de remoción de 98.21 %; a los 90 días, se presenta una eficiencia de remoción de 82.21%, el efluente tratado es el de pelambre.

4.2.2 DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN BIBLIOGRÁFICA

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

En una primera etapa, el carbón activado presenta una eficiencia de remoción del 42.86%, a los 10 días de funcionamiento la capacidad de adsorción propia del material se inhibió por la formación de una biopelícula, en un inicio los contaminantes eran removidos por adsorción y posteriormente los microorganismos generaron un lecho de oxidación biológica; situación similar a lo ocurrido en el estudio [4]. Este lecho de oxidación biológica es incapaz de ejercer remoción en días posteriores.

Los efluentes de curtido y pelambre tienen una fracción de DQO biodegradable muy escasa, esto se refleja al haber registrado eficiencias de remoción nulas y negativas, el lecho de oxidación biológica no consiguió metabolizar la porción biodegradable, lo que confirmaría lo descrito por [16], que proporciona indicios de la baja biodegradabilidad característica de estos efluentes.

A los 90 días se presenta una notoria e importante remoción de DQO, incluso mayor a la inicial, esto puede deberse a que, el efluente inducido al filtro es de teñido, durante el proceso de teñido, se utilizan anilinas vegetales y grasas vegetales, la DQO biodegradable es considerablemente alta para este efluente; bibliográficamente esto se puede corroborar al ser considerada a la anilina como un compuesto de extremadamente fácil biodegradabilidad. [25]

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Para el caso de la demanda bioquímica de oxígeno, las muestras crudas de pelambre, curtido y teñido no se asemejan a las reportadas bibliográficamente, se debe tener en cuenta, como se dice en [16] que se registran distintas concentraciones en los parámetros para distintos curtiembres debido a la inmensa gama de compuestos químicos que pueden ser utilizados durante cada proceso por cada industria, además del tipo de pieles que estén siendo procesadas e incluso el producto final.

En determinada bibliografía se le atribuye al carbón activado una remoción inmediata por adsorción de materia orgánica, tal es el caso de [26], donde se llegó a remover hasta un 93% de la concentración de DBO_5 en aguas residuales municipales, un efluente con elevada carga orgánica biodegradable; para el caso específico de efluentes de curtiembre, no se registró remoción.

Se registraron valores que indicarían una nula remoción, incluso en etapas iniciales; posteriormente se registraron valores con una eficiencia de remoción superior al 80%, en etapas intermedias y con alternancia, lo que confirmaría lo expuesto por [16], que asevera que para curtiembres, la DBO_5 no es un idóneo parámetro para la caracterización de las aguas residuales producidas, dado a que la diversa y compleja matriz de compuestos que pueden ser utilizados, tóxicos y no tóxicos, estos son inhibitorios; dando una perspectiva alterada de la biodegradabilidad del efluente.

CROMO HEXAVALENTE

La eficiencia de remoción efectuada por el carbón activado es bastante acertada en relación a lo sugerido en bibliografía, en primer lugar estudios sugieren una excepcional capacidad de adsorción propia del carbón activado, que varía según su origen y método de activación, pero que se ve favorecida, para remover Cr^{+6} , si en un medio acuoso prevalece un pH de 2.0 y una temperatura de 25°C [3], en una primera instancia cuando se presume que no se ha formado por completo una biopelícula

alrededor del carbón activado, el medio filtrante utilizado logra remover el 94.73% del total de la concentración de cromo hexavalente, eso sería un indicio de dos premisas, que el medio acuoso tiene un pH cercano a 2.0 y que la temperatura del efluente se encuentra en un valor cercano a 25°C, además, se debe tener en cuenta que se utilizó una cantidad de masa adsorbente importante, puesto que los sitios de adsorción son por consiguiente elevados, como indica [27].

Posteriormente, la eficiencia de remoción llega a aumentar levemente en muestras posteriores, esto se explicaría por un efecto de quimiosorción ejercido sobre los contaminantes relacionados al cromo hexavalente, como es sugerido por [28], llega a ocurrir una remoción incluso a los 90 días de trabajo.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El filtro de carbón activado logró ejercer una remoción en la concentración de DQO, únicamente en los primeros 10 días y en la muestra final; removió concentraciones de DBO_5 en los días 50, 60, 80 y 90; y disminuyó las concentraciones de Cr^{+6} en efluentes de curtido y teñido; únicamente el cromo hexavalente llegó a tener una concentración menor a lo indicado en el TULSMA como límites máximos permisibles de descarga a redes de alcantarillado.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Al analizar el funcionamiento básico de la empresa se observó que, en las etapas de pelambre, curtido y teñido; se utilizan una amplia gama de compuestos tóxicos y no tóxicos, además, es en estas etapas donde se producen efluentes cuya característica principal es la alta carga contaminante, mensualmente son producidos más de 3100 kg de piel de res.
- La empresa llega a tener un suministro medio diario de 16.58 m³/día, por otro lado se ha registrado que la empresa realiza descargas a razón de un caudal medio diario de 1.12 m³/día, la diferencia de volumen es aludida a pérdidas en el sistema de abastecimiento y a acciones esporádicas inmensurables como la limpieza de fulones, piscinas receptoras, canales recolectores y del sistema de rejillas.
- Los efluentes crudos tienen una elevada carga contaminante, se registró para el efluente de curtido concentraciones de 2032 mg/lit de DQO, 371.53 mg/lit de DBO₅ y 1.12 mg/lit de Cr⁺⁶, adicionalmente, para el efluente de pelambre, se registró concentraciones de 2050 mg/lit de DQO, 15525 mg/lit de DBO₅ y 0.02 mg/lit de Cr⁺⁶; y por último, para el efluente de teñido, se tuvo concentraciones de 7590 mg/lit de DQO, 2844.73 mg/lit de DBO₅ y 0.163 mg/lit de Cr⁺⁶. Para la DQO a los 10 días de funcionamiento, se registró una concentración final de 1161 mg/lit, con una eficiencia de remoción del 42.86%, siendo el efluente el de curtido; para la muestra 9 a los 90 días de funcionamiento se registró una concentración final de 3694 mg/lit, con una eficiencia de remoción del 51.33%, siendo el efluente el de teñido; el efluente de pelambre no registró remoción para este parámetro, ninguna de las muestras filtradas cumplen con el límite permisible de descarga establecido en el TULSMA. Para la DBO₅ a los 50 días de funcionamiento se registró una concentración final de 2478.72 mg/lit, con una eficiencia de remoción del 84.03%, correspondiente al efluente de

pelambre; a los 90 días para la muestra 9 se registró una concentración final de 2651.23 mg/lit, con una eficiencia de remoción del 6.80%, correspondiente al efluente de teñido; el efluente de curtido no registró remoción para este parámetro, ninguna de las muestras filtradas cumplen con el límite permisible de descarga establecido en el TULSMA. Para el Cr^{+6} a los 30 días de funcionamiento se registró una concentración final de 0.02 mg/lit y una eficiencia de remoción del 98.21%, correspondiente al efluente de curtido, el efluente de pelambre no registró una remoción, todas las muestras filtradas se encuentran por debajo del límite permisible de descarga establecido en el TULSMA.

- El carbón activado como material filtrante, es admisible, únicamente como componente adsorbente, para el pretratamiento de efluentes de pelambre y curtido, pues se removió concentraciones de DQO y Cr^{+6} en los primeros días 10 de funcionamiento; posteriormente, cuando se constituyó el lecho de oxidación biológica, favoreció la remoción de concentraciones importantes de DQO únicamente en el efluente de teñido.

5.2 RECOMENDACIONES

- Cuantificar el peso total del material utilizado como medio filtrante, antes y después de haber finalizado el trabajo, para evidenciar la cantidad de masa adsorbente utilizada y la cantidad de material adherido.
- Realizar un monitoreo más estricto de los parámetros de biodegradabilidad y calidad del agua residual, en relación al ingreso y salida del filtro, para tener un registro más específico.
- Disminuir el tiempo de trabajo del filtro y aumentar la frecuencia con la que se realizan los análisis físico químicos de agua residual filtrada y en estado crudo, cuando el medio filtrante sea carbón activado.
- Utilizar un solo tipo de efluente para el monitoreo de la evolución de los parámetros de biodegradabilidad y calidad del agua residual.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

[1] Á. Chávez Porras, "Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo", *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 9, no. 17, pp. 2-5, 2010.

[2] R. Méndez, E. Medina, C. Quintal, E. Castillo and M. Sauri, "Tratamiento de lixiviados con carbón activado", *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, vol. 6, no. 3, pp. 19-26, 2002.

[3] N. Céspedes, J. Valencia y J. Díaz, "Remoción de cromo VI de soluciones acuosas por adsorción sobre carbones activados modificados", *Revista Colombiana de Química*, vol. 36, no. 3, pp. 4-8, 2007.

[4] R. Aragón, J. Ramirez, C. Coronel, C. Lucho y G. Vázquez, "Uso de Carbón Activado Granular (CAG) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas", *Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías, Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, vol. 1, no. 1, pp. 3-4, 2013.

[5] L. Artuz, M. Martínez y C. Morales, "Las Industrias Curtiembres Y Su Incidencia En La Contaminación Del Río Bogotá", *Isocuanta Revista Digital Universidad Santo Tomás*, vol. 1, no. 1, p. 43, 2011.

[6] Galarza y A. Santana, "Normas ambientales y competitividad en las pymes del sector curtiembre de Ambato-Ecuador", *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando la agenda"*, vol. 44, no. 1, pp. 15-18, 2016.

[7] Ministerio del Ambiente, "Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento

de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador", Subsecretaría de Calidad Ambiental, Ecuador, pp. 127-131, 2016.

[8] Camacho, D. (2013). "Sistema de gestión de riesgos y salud para el mejoramiento de los procesos de producción en la empresa Curtiembre Quisapincha." Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.

[9] Centro de Ecología Aplicada CEA, "Guía para el control y prevención de la contaminación industrial curtiembre", *Comisión Nacional del Medio Ambiente - Region Metropolitana Santiago de Chile*, vol. 1, no. 1, pp. 6-10, 2017.

[10] A. Rodríguez, P. Letón, R. Rosal, M. Rosado, S. Villar and J. Sanz, *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*, CEIM Madrid, 2006, pp. 9-11.

[11] S. Alvarez, M. Maldonado, A. Gerth and P. Kuschk, "Caracterización de Agua Residual de Curtiduría y Estudio del Lirio Acuático en la Recuperación de Cromo", *Información tecnológica*, vol. 15, no. 3, pp. 75-80, 2004.

[12] Ministerio del Ambiente, "LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA", Ministerio del Ambiente, Quito, 2017.

[13] R. Azario, S. Salvarezza, A. Ibarra and M. García, "Efecto del Cromo Hexavalente y Trivalente sobre el Crecimiento de *Escherichia coli* ATCC 35218", *Información tecnológica*, vol. 21, no. 1, pp. 51-53, 2010.

[14] Romero Rojas, *Tratamiento de aguas residuales*, 3rd ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2010, pp. 38-41, 54-55, 75-78, 551-559.

[15] P. Cisterna Osorio and D. Peña, Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII

región, 1st ed. Santiago de Chile: Universidad Técnica Federico Santa María, 2017, pp. 6-10.

[16] M. Pire Sierra, K. Rodríguez Sargent, M. Fuenmayor Reyes, Y. Fuenmayor, H. Acevedo, S. Carrasquero Ferrer and A. Díaz Montiel, "Biodegradabilidad de las diferentes fracciones de agua residual producidas en una tenería", *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 21, no. 2, p. 5, 2011.

[17] G. Vidal, J. Nieto, K. Cooman, M. Gajardo and C. Bornhardt, "Unhairing effluents treated by an activated sludge system", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 112, no. 1-2, pp. 143-149, 2004.

[18] Chernicharo, C. (2007). Biological Wastewater Treatment Series Volume Four Anaerobic Reactors. 1st ed. [ebook] New Deli: Aptara Inc., pp.88-90. Available at: <https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402116.pdf> [Accessed 23 Jul. 2017].

[19] C. Ramírez Guerra, "El Carbón activado para el tratamiento del agua", Licenciatura, Universidad de Sonora, 2017.

[20] Carbotecnia Tratamiento de Agua y Aire, "El carbón activado en el tratamiento de aguas residuales", *Boletín técnico AR-001*, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, 2004.

[21] A. Yosa, "Clases y Tipos de Investigación y sus Características", Academia.edu, 2011. [Online]. Disponible en: https://www.academia.edu/5075869/CLASES_Y_TIPOS_DE_INVESTIGACION_Y_SUS_CARACTERISTICAS. [Accessed: 26- Nov- 2017].

[22] F. Gallego, "Cálculo del tamaño de la muestra", *Matronas Profesión*, vol. 5, no. 18, pp. 5-6, 2004.

[23] Muñoz, P., Urrutia, C. y Vaquero, N. Aplicación de tecnologías de producción más limpia para la pequeña y mediana industria de curtiembre en El Salvador.

Ingeniero Químico, Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Química, El Salvador, 2005.

[24] Alcaldía Mayor de Bogotá, "Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria de Curtiembres y Tenerías", Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, pp.77-82, 2010.

[25] M. Martínez, "Diseño de una prueba de biodegradabilidad anóxica de compuestos orgánicos en medio líquido", Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado Hidalgo, 2007.

[26] L. Bernal, C. Solís, I. Linares, C. Barrera y A. Colín, "Tratamiento de agua residual municipal por un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo", *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 2, no. 2, p. 70, 2011.

[27] J. Valencia, "Remoción de Pb (II) de soluciones mediante carbón activado: experimentos en lotes", Magister en Ciencias Químicas, Convenio de Cooperación Académica Universidad Nacional de Colombia - Universidad del Magdalena, 2012.

[28] E. Reyes, F. Cerino y M. Suárez, "Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa", Ingeniería Química, *Facultad de Ciencias Químicas, UANL*, vol. 9, no. 31, pp. 60-61, 2006.

[29] L. Corona y R. Iturbe, "Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos", *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, vol., no. 2, p. 122, 2004.

2. ANEXOS

2.1 ANEXO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: Fulón de curtido



Fotografía 2: Fulones de Pelambre



Fotografía 3: Fulón de Teñido



Fotografía 18: Cisternas de almacenamiento de agua residual



Fotografía 4: Efluente de Curtido



Fotografía 5: Efluente de Curtido Filtrado



Fotografía 5: Efluente de pelambre



Fotografía 6: Efluente de pelambre filtrado



Fotografía 7: Efluente de teñido



Fotografía 8: Efluente de teñido filtrado



Fotografía 9: Tanque de abastecimiento lleno efluente de curtido



Fotografía 10: Tanque de abastecimiento lleno efluente de pelambre



Fotografía 11: Tanque de abastecimiento lleno efluente de teñido



Fotografía 12: Tanque y bomba sumergible para el llenado del tanque de abastecimiento.



Fotografía 13: Llenado del tanque de abastecimiento mediante bomba sumergible.



Fotografía 14: Toma de muestras de Agua Filtrada



Fotografía 15: Prototipo del Filtro Instalado



Fotografía 16: Filtro en funcionamiento



Fotografía 16: Carbón activado a los 51 días de funcionamiento



Fotografía 17: Gusanos anélidos encontrados en el carbón activado a los 76 días de funcionamiento



2.2 DISEÑO DEL FILTRO

FICM -UPICIC -2017



1. REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO

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

TULSMA

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

- TRH = 0.5 días = 12 horas cuando se toma en cuenta características del material filtrante, como:
 - Porosidad,
 - Volumen de vacíos,
 - Granulometría, etc.

- TRH = 5.25 horas, cuando el material se encuentra totalmente empacado y se omite las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus respectivas características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al momento de la conformación del filtro para hacer uso del presente criterio. (granulometría realizada).

[1]

Ecuación No. 1

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

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 ³ /m ² d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m ³ 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 ³ d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: Chernicharo de Lemos, 2007

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

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

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

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

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

Ecuación 2

$$Q = \frac{35lt}{5.55horas} = 6.30 \frac{lt}{h} = 0.105lt/min$$

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

TANQUE DE ABASTECIMIENTO – HOMOGENEIZACION

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

TANQUE DE 55 GALONES



Gráfico 1. Tanque de 55 galones

55 galones garantizan un volumen durante las 24 horas del día

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

Caudal en 24 horas:

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

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

Ecuación 3

$$V_{TANQUE} = 40 + 15 = 55 gal$$

DIMENSIONES DEL FILTRO

MEDIDAS DEL MEDIO FILTRANTE

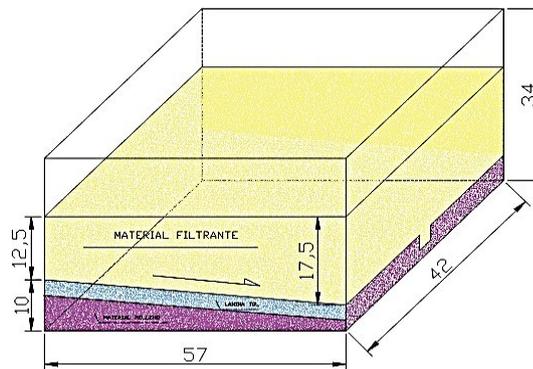


Gráfico 2. Medidas

Asumimos el trapecio lateral donde:

AT= Área Trapecio

VT = Volumen trapecio

Base = 57 cm

Lado menor = 12,5cm

Lado mayor= 17,5 cm

$$AT = 57 \times \frac{(12.5 + 17.5)}{2}$$

Ecuación 4

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

$$VT = 855 \times 42$$

Ecuación 5

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

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

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



Gráfico 3. Guardamovil grande

En cuyo interior está dividido en dos partes:

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

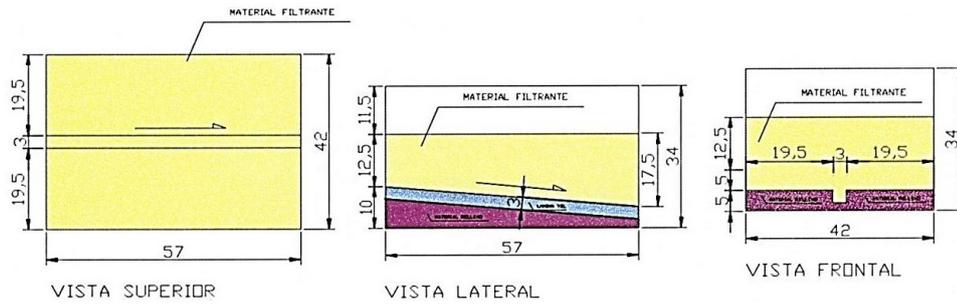


Gráfico 4. Especificaciones

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

Ing. MEng. Lenin Maldonado

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

2.3 ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO DEL FILTRO

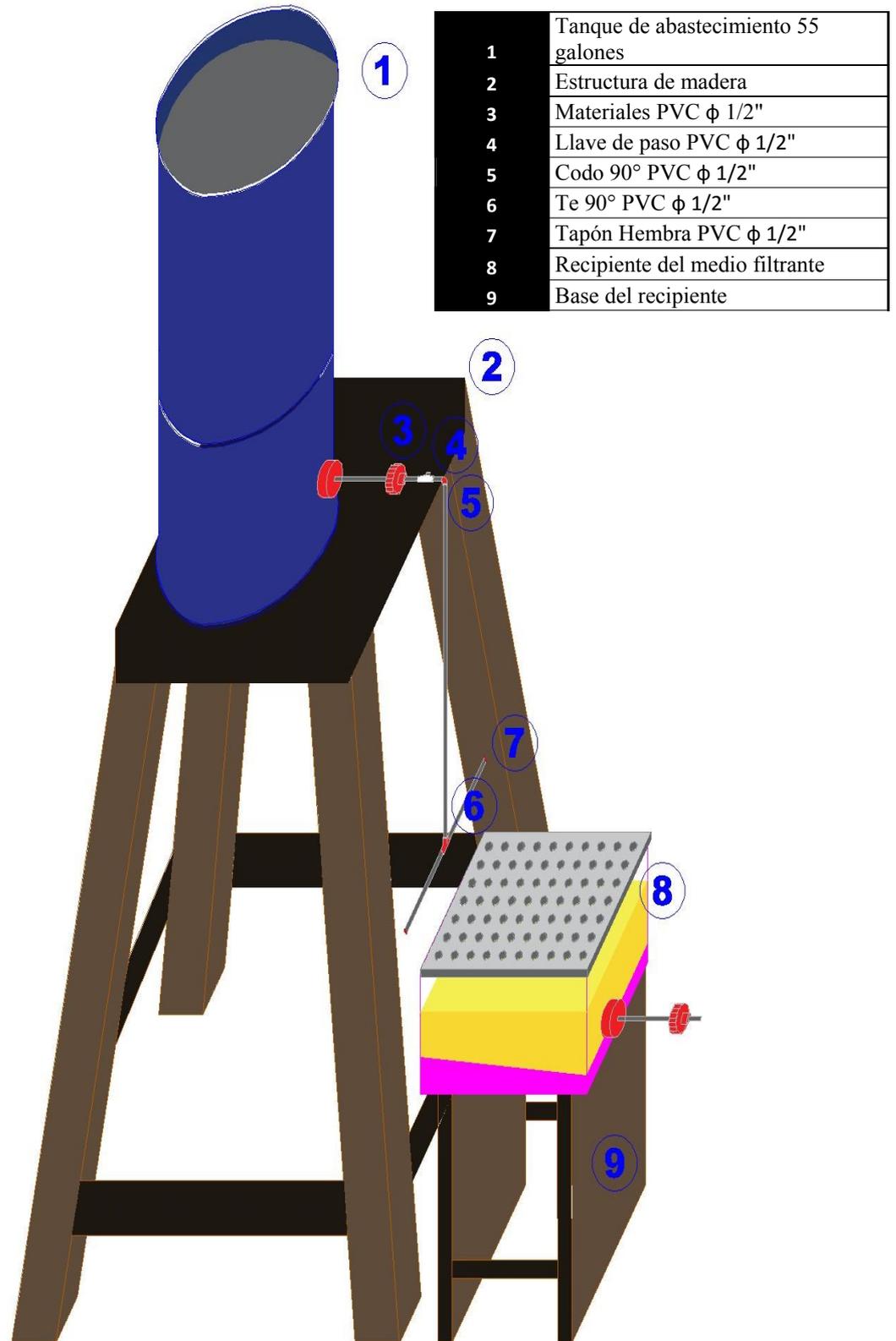


Figura 21: Prototipo del filtro
Elaborado por: Christian Paúl Mera



Figura 22: Soporte de madera
Elaborado por: Christian Paúl Mera

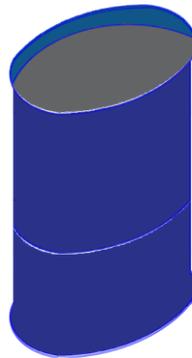


Figura 23: Tanque de abastecimiento
Elaborado por: Christian Paúl Mera

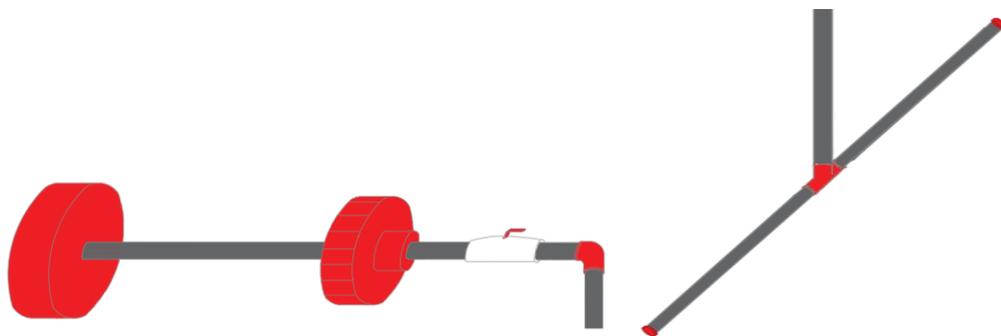


Figura 25: Sistema de Tuberías
Elaborado por: Christian Paúl Mera

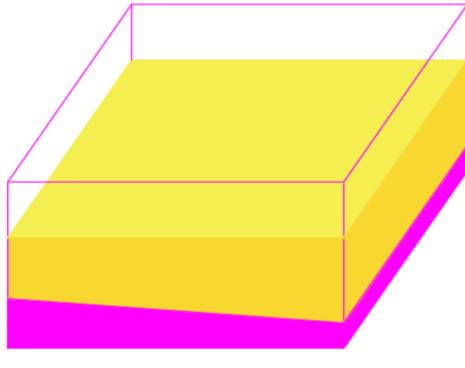


Figura 25: Medio filtrante

Elaborado por: Christian Paúl Mera

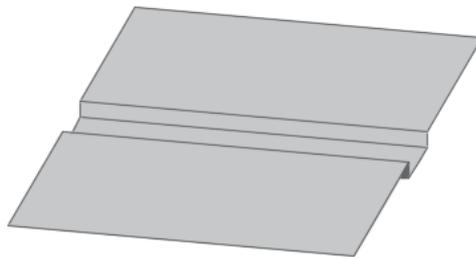


Figura 26: Bandeja de tol galvanizada

Elaborado por: Christian Paúl Mera

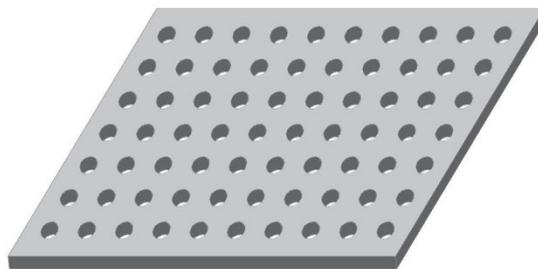


Figura 26: Bandeja de distribución

Elaborado por: Christian Paúl Mera

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CARBÓN ACTIVADO

Norit Electronic Version

Hoja técnica

Norit GCN 612 G

Norit GCN 612 G es un carbón activado por vapor, y producido a partir de cascara de coco. Especialmente seleccionado para la refinación en la industria alimentaria y sistemas de purificación de agua, donde se requiera un adsorbente de alta pureza. Una característica especial de este grado de carbón es el bajo contenido de finos o platelets, por lo que no requiere de preacondicionamiento y ofrece pocas pérdidas de producto.

ESPECIFICACIONES

Número de lodo	min. 950	-
Dureza (método ball-pan)	min. 98	-
Humedad (al empacar)	máx. 5	mass-%

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Actividad, tetracloruro de carbono	60	g/100 g
Densidad aparente	500	kg/m ³
Contenido de platelets	2	mass-%
Tamaño de partícula > 3.35 mm.	2	mass-%
Tamaño de partícula 2.36 - 3.35 mm.	50 - 70	mass-%
Tamaño de partícula 1.7 - 2.36 mm.	20 - 40	mass-%
Tamaño de partícula < 1.70 mm.	3	mass-%
Cenizas	3	mass-%

Document No

GCN6G

Product / Application

Carbon activado granular

Version

19 Mayo 2011

Norit Nederland BV

Nivverheidsweg-Noord 72
3812 PM, Amersfoort
P.O. Box 105
3800 AC, Amersfoort
The Netherlands

T +31 33 46 48 911
F +31 33 46 17 429
E sales@norit.com
I www.norit-ac.com

Norit

leading in purification

Activated Carbon

NOTAS

1. Todos los análisis se efectúan de acuerdo a los Norit Standard Test Methods (NSTM).
2. Las especificaciones son valores garantizados basados en un control de calidad lote a lote, cuyo procedimiento se encuentra detallado y cubierto en la certificación ISO 9001:2000 de Norit.
3. Las características generales reflejan los valores promedio de la calidad del producto.

EMPAQUE

El carbón activado granular Norit GCN 612 G está disponible en las siguientes presentaciones:

- Sacos de yute con 25 kg. de contenido neto, 40 sacos por pallet.
- Bultos con 500 kg. de contenido neto, un bulto por pallet.

La disponibilidad del producto depende del tipo de empaque solicitado.

Norit

leading in purification

Activated Carbon

2.4 INFORME DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL CRUDA Y DEL AGUA RESIDUAL INDUCIDA A FILTRACIÓN



Lacquanálisis S.A.
soluciones ambientales

Cumplimiento y colaboración con la legislación vigente

Respetamos la confidencialidad y el respeto

Pensamos en el futuro de nuestros hijos

Contribuimos a la protección del medio ambiente

Desarrollamos trabajo en equipo

Análisis de agua confiables

*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:	Christian Mera	Código: REG TEC 018
DIRECCION:	Ficoa	Fecha formato: 20/03/2017
TELEFONO:		NUMERO DE INFORME:
CELULAR:	0987920383	LACQUA 17-11973
e - mail:	chpmera@gmail.com	

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 58	TEM. AMBIENTE(°C): 19
-------------------------	-----------------	-----------------------

TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual Filtrada - Curtiembre	FECHA TOMA DE MUESTRA:	28 de julio de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 28 de julio al 08 de agosto de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	08 de agosto de 2017		

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

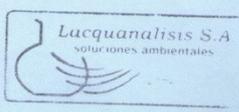
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,059	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 18 %
DQO	mg/l	1161	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5	mg/l	767,53	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

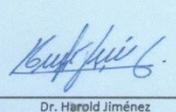
* Parámetro acreditado
 ** Parámetro No acreditado
 *** Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A
 **** Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:



Ing. María 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

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Christian Mera
DIRECCION:	Ficoa
TELEFONO:	
CELULAR:	0987920383
e - mail:	chipmera@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-11910

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

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Filtrada - Curtiembre
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 07 al 16 de agosto de 2017
 FECHA EMISION DE INFORME: 16 de agosto de 2017
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 07 de agosto de 2017

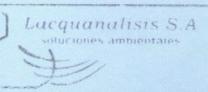
INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,059	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	2674	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5	mg/l	525,56	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 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
 Teléfono Móvil: 09-5363620 . info@lacquanalisis.com
 Ambato, Ecuador - Sud América



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental
"LIAA-GADMA"



INFORME DE ANALISIS

Informe No. SA-69-2017
Código de Muestra: RML-17-113
Solicitado Por: Ing. Rodrigo Acosta
Dirección de quien solicita: Universidad Técnica de Ambato
Fecha de recepción o Toma de Muestra: 17/08/2017
Fecha Análisis: 17/08/2017
Fecha Entrega resultados: 01/09/2017
Descripción de la Muestra: Agua Residual
Sitio de Muestreo: Efluente curtiembre pasado por carbon activado.
Tipo de Muestra: Simple
Muestreado o receptado Por: Cristian Mera

Hora de muestreo: N/A
Condiciones ambientales: Temperatura ambiental: N/A
HR %: N/A

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Símbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno	DQO	PELMA-GADMA/ALPHA 1220 D	mg/L	> 2050	5%
Cromo VI	Cr ⁶⁺	PELMA-GADMA/ALPHA 3000 B	mg/L	< 0,02	9%
Demanda bioquímica de oxígeno *	DBO5	ALPHA 9210 B	mg/L	2325	

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los items de ensayo para esta muestra

* Parámetro no acreditado

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización



Responsable del Laboratorio
Dr. Julio Núñez

INFORME DE ANALISIS

Informe No. SA-86-2017
 Código de Muestra: RML-17-139
 Solicitado Por: Ing. Rodrigo Acosta
 Dirección de quien solicita: Universidad Técnica de Ambato
 Fecha de recepción o Toma de Muestra: 28/09/2017 Hora de muestreo: N/A
 Fecha Análisis: 28/09/2017
 Fecha Entrega resultados: 12/10/2017
 Descripción de la Muestra: Agua Residual Condiciones ambientales: Temperatura ambiental: N/A
 Sitio de Muestreo: Curtiembre Quisapincha proceso de Curtido filtrado HR %: N/A
 Tipo de Muestra: Simple
 Muestreado o receptado Por: Cristian Mera

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Símbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno	DQO	FE/LIAA-GADMA/01/APHA 5220 D	mg/L	> 2050	5%
Cromo VI	Cr ⁶⁺	FE/LIAA-GADMA/16/APHA 3500 B	mg/L	< 0,02	9%
Demanda bioquímica de oxígeno *	DBO5	APHA 5210 B	mg/L	5187,5	

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los items de ensayo para esta muestra

* Parámetro no acreditado

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización

Responsable del Laboratorio
 Dr. Julio Nolasco





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

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Christian Mera
DIRECCION:	Ficoa
TELEFONO:	
CELULAR:	0987920383
e - mail:	chpmera@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 7 2 0 4 7

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	41	TEM. AMBIENTE(°C):	20
-------------------------	--------------	----	--------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Filtrada - Proceso Pelambre
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 07 al 18 de septiembre de 2017
 FECHA EMISION DE INFORME: 18 de septiembre de 2017
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 07 de septiembre de 2017

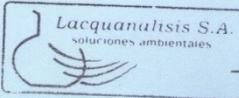
INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,050	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	19376	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	2478,72	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:

Mg. Marcelo Tirado
 ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
 DIRECTOR TECNICO

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

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



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental
"LIAA-GADMA"



Acreditación N° SAE-LEN-16-017
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ANALISIS

Informe No. SA-80-2017
 Código de Muestra: RML-17-130
 Solicitado Por: Ing. Rodrigo Acosta
 Dirección de quien solicita: Universidad Técnica de Ambato
 Fecha de recepción o Toma de Muestra: 18/09/2017 Hora de muestreo: N/A
 Fecha Análisis: 18/09/2017
 Fecha Entrega resultados: 02/10/2017
 Descripción de la Muestra: Agua Residual Condiciones ambientales: Temperatura ambiental: N/A
 Sitio de Muestreo: Curtiembre Quisapincha proceso de Pelambre filtrado HR %: N/A
 Tipo de Muestra Simple
 Muestreado o receptado Por: Cristian Mera

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Símbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno	DQO	FE/LIAA-GADMA/032/APHA 5220 D	mg/L	> 2050	5%
Cromo VI	Cr ⁶	FE/LIAA-GADMA/16/APHA 3500 B	mg/L	< 0,02	9%
Demanda bioquímica de oxígeno *	DBO5	APHA 5210 B	mg/L	12175	

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los items de ensayo para esta muestra

* Parámetro no acreditado

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización



INFORME DE ANALISIS

Informe No.	SA-73-2017		
Código de Muestra:	RML-17-119		
Solicitado Por:	Ing. Rodrigo Acosta		
Dirección de quien solicita:	Universidad Técnica de Ambato		
Fecha de recepción o Toma de Muestra:	28/08/2017	Hora de muestreo :	N/A
Fecha Análisis:	28/08/2017		
Fecha Entrega resultados:	01/09/2017		
Descripción de la Muestra:	Agua Residual	Condiciones ambientales :	Temperatura ambiental: N/A
Sitio de Muestreo:	Curtiembre Quisapincha proceso de Pelambre filtrado		HR %: N/A
Tipo de Muestra	Simple		
Muestreado o receptado Por:	Cristian Mera		

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Simbolgia	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno	DQO	FEJAA-GADMA/ENPHIA 3300 B	mg/L	> 2050	5%
Cromo VI	Cr ⁶⁺	FEJAA-GADMA/ENPHIA 3300 B	mg/L	< 0,02	9%
Demanda bioquímica de oxígeno *	DBO5	APHA 5210 B	mg/L	17600	

Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los items de ensayo para esta muestra

* Parámetro no acreditado

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización




Responsable del Laboratorio
Dr. Julio Núñez

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

www.lacquanalisis.com

INFORME DE RESULTADOS



Senacot de
Acreditación
Ecuatoriana
Acreditación N° 048 LE C 11-010
LABORATORIO DE ANÁLISIS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Christian Mera
DIRECCION:	Ficoa
TELEFONO:	
CELULAR:	0987920383
e - mail:	chpmere@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-2075

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

TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual Filtrada - Proceso Pelambre	FECHA TOMA DE MUESTRA:	10 de octubre de 2017
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 10 al 19 de octubre de 2017		
FECHA EMISION DE INFORME:	19 de octubre de 2017		

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

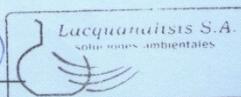
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,055	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	13518	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	2836,71	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

* Parámetro acreditado
* Parámetro acreditado fuera del alcance

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

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Marcelo Tizado
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

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN Nº OAE LE C 11-010	DATOS DEL CLIENTE		Versión: 9
	CLIENTE:	UTA- FICM	Pág. 1 de 1
	REPRESENTANTE:	Christian Mera	Código: REG TEC 018
	DIRECCION:	Ficoa	Fecha formato: 20/03/2017
	CELULAR:	0987920383	NUMERO DE INFORME:
	e - mail:	chpmera@gmail.com	LACQUA 17-2-107

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

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Filtrada - Proceso Teñido
RESPONSABLE MUESTRO: Cliente
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
FECHA DE ANALISIS: Desde el 18 al 27 de octubre de 2017
FECHA EMISION DE INFORME: 27 de octubre de 2017
FECHA TOMA DE MUESTRA: 18 de octubre de 2017

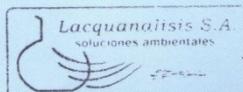
INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,029	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	3694	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	2651,23	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. 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:	Christian Mera
DIRECCION:	Ficoa
TELEFONO:	
CELULAR:	0987920383
e - mail:	chmmera@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	17-1963

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	49	TEM. AMBIENTE (°C):	19
-------------------------	--------------	----	---------------------	----

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Cruda de Curtiembre
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 24 de julio al 02 de agosto de 2017
 FECHA EMISION DE INFORME: 02 de agosto de 2017
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 24 de julio de 2017

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente*	mg/l	1,120	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 18 %
DQO	mg/l	2032	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5	mg/l	371,53	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



Acreditación N° DAE LE C 11-010
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	UTA- FICM
REPRESENTANTE:	Christian Mera
DIRECCION:	Ficoa
TELEFONO:	
CELULAR:	0987920383
e - mail:	chpmera@gmail.com

Versión:	9
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	20/03/2017
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 7- 2 1 0 6

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

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Cruda - Proceso Teñido
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
 FECHA DE ANALISIS: Desde el 18 al 27 de octubre de 2017
 FECHA EMISION DE INFORME: 27 de octubre de 2017
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 18 de octubre de 2017

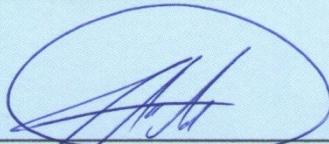
INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

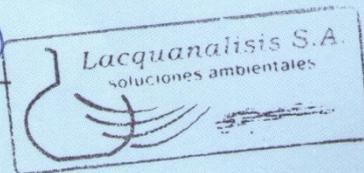
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Cromo Hexavalente	mg/l	0,163	PRO TEC 041 / HACH 8023	± 9 %
DQO	mg/l	7590	PRO TEC 014/ APHA 5220 D	± 12,18 %
DBO5*	mg/l	2844,73	PRO TEC 066/ HACH 8043	± 3,72 %

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



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental
"LIAA-GADMA"



INFORME DE ANALISIS

Informe No. SA-72-2017
Código de Muestra: RML-17-118
Solicitado Por: Ing. Rodrigo Acosta
Dirección de quien solicita: Universidad Técnica de Ambato
Fecha de recepción o Toma de Muestra: 28/08/2017 Hora de muestreo : N/A
Fecha Análisis: 28/08/2017
Fecha Entrega resultados: 01/09/2017
Descripción de la Muestra: Agua Residual Condiciones ambientales : Temperatura ambiental: N/A
Sitio de Muestreo: Curtiembre Quisapincha proceso de Pelambre HR %: N/A
Tipo de Muestra Simple
Muestreado o receptado Por: Cristian Mera

RESULTADO ANALISIS

Parámetros	Símbología	Método	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno	DQO	PE/LIAA-GADMA/03/AFHA 5230 D	mg/L	> 2050	5%
Cromo VI	Cr ⁶	PE/LIAA-GADMA/16/AFHA 3500 B	mg/L	< 0,02	9%
Demanda bioquímica de oxígeno *	DBO5	AFHA 5210 B	mg/L	15525	

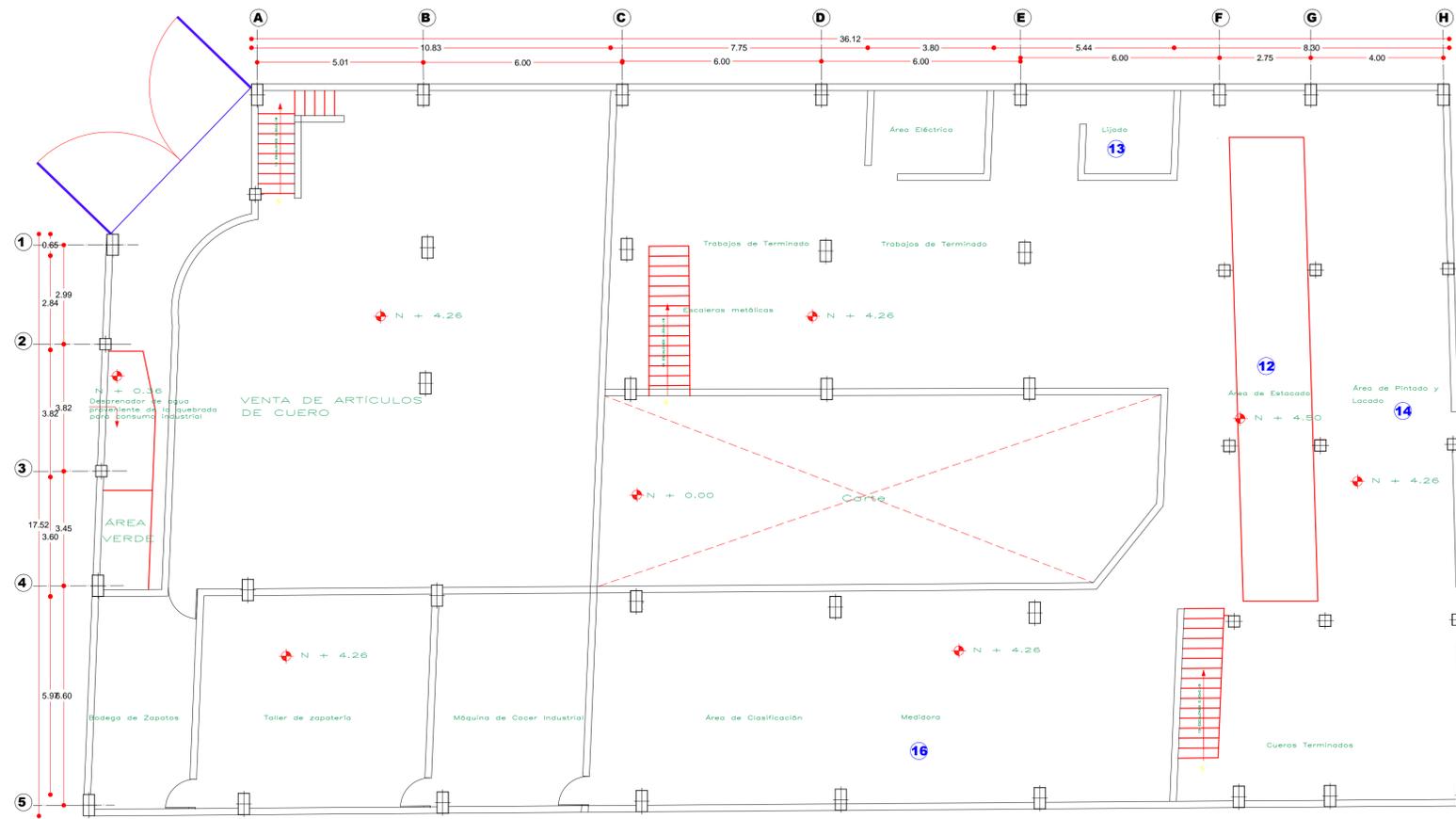
Los resultados reportados en este informe solo tiene relación con los items de ensayo para esta muestra

* Parámetro no acreditado

Nota: se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la debida autorización



Responsable del Laboratorio
Dr. Julio Núñez



SISTEMA BÁSICO DE PRODUCCIÓN

Planta Alta Implantación General

Christian Mera

SIMBOLOGÍA	
	Tubería Flexible 200 mm
	Rejilla metálica
	Bomba para agua de consumo industrial
	Cisterna Enterrada
	Tapa de Control
	Tubería Enterrada
	Tubería Suspendida
	Bordillo de Hormigón Simple
	Corte/Ducto
	Columna Hormigón Armado 65*35
	Columna Hormigón Armado 35*35

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

Descripción:		
Curtiembre Quisapincha		
Elaborado por:	Tutor:	
Egresado Christian Mera	Ing. Mg. Rodrigo Acosta	
CONTIENE:		
Planta Alta Sistema de Producción		
ESCALAS	FECHA	DIBUJO
1:1000	Diciembre-2017	Christian Mera

