



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Sistema Integrado de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre - El Agustino, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

Ebert Santiago Manrique Vilca

**ASESOR:**

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad Y Gestión De Los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2018

### **Dedicatoria**

Primero darle gracias a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante para cumplir mis metas, así mismo a mis padres que siempre me apoyaron en cada paso que daba en mi formación académica, además de haberme formado con valores para ser cada día mejor persona y un buen profesional.

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a mis asesores Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio y Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio por los consejos, conocimiento y sobre todo la paciencia para poder realizar óptimamente en mi investigación, así mismo al Químico Quintana Paetan Alexander por haberme guiado en el desarrollo experimental de mi investigación, como también ser parte de mi formación como profesional. A mi casa de estudio la UCV y profesores en mi formación académica.

## **Presentación**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre -el Agustino 2018”, cuyo objetivo es determinar la capacidad de remoción de Cromo hexavalente de aguas residuales de efluente de una industria de curtiembre , la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

## Índice

Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice .....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Trabajos previos .....	2
1.3. Teoría relacionada.....	9
1.4. Formulación del problema .....	17
1.4.1. Problema general.....	17
1.4.2. Problemas específicos .....	17
1.5. Justificación del estudio .....	18
1.6. Hipótesis.....	19
1.6.1. Hipótesis general .....	19
1.6.2. Hipótesis específicas .....	19
1.7. Objetivos .....	19
1.7.1. Objetivo general .....	19
1.7.2. Objetivos específicos.....	19
II. MÉTODO .....	20

2.1. Diseño de investigación .....	20
2.2. Variables, operacionalización .....	20
2.3. Población y Muestra.....	22
2.3.1. Población .....	22
2.3.2. Muestra .....	22
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	22
2.4.1. Técnica .....	22
2.4.2. Instrumentos .....	22
2.4.3. Validación y confiabilidad.....	23
2.5. Métodos de análisis de datos .....	24
2.6. Aspectos éticos.....	30
III. RESULTADOS .....	31
IV. DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES .....	51
VI. RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIAS .....	53

## Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación del impacto de la variación de la temperatura en la relación de la concentración (PPM) de metales pesados utilizados como medio filtrante biorresina obtenida de la cascara de guineo y cascara de plátano.....	3
Tabla 2. Cuadro de resultado del biofiltro.....	8
Tabla 3. Cuadro de resultado del biofiltro.....	11
Tabla 4. Característica de Cr (III) y Cr (VI).....	12
Tabla 5. Fuentes utilizado en la industria.....	12
Tabla 6. Taxonomía de Jacinto de agua.....	14
Tabla 7. Matriz de Operacionalización.....	21
Tabla 8. Coordenadas del lugar de muestreo.....	22
Tabla 9. Etapa de proceso experimental.....	23
Tabla 10. Validación de instrumentos por expertos.....	23
Tabla 11. Confiabilidad de los instrumentos.....	24
Tabla 12. Resultado de laboratorio de las características fisicoquímicas de la muestra inicial del agua residual de curtiembre.....	31
Tabla 13. Resultado de laboratorio de la concentración inicial de Cromo Hexavalente del agua residual de curtiembre.....	31
Tabla 14. Resultados del primer sistema integrado.....	32
Tabla 15. Resultado del segundo sistema integrado.....	33
Tabla 16. Resultados del tercer sistema integrado.....	34
Tabla 17. Comparación entre las tres pozas de cada sistema integrado.....	35
Tabla 18. Resultados de la concentración de cromo hexavalente en intervalo de 2 días y tiempo.....	37
Tabla 19. Concentración de cromo hexavalente de los filtros de cada sistema integrado ..	38
Tabla 20. Resultado de concentración final de cromo hexavalente de cada sistema integrado.....	39
Tabla 21. Resultado del porcentaje de remoción de cada sistema integrado.....	40
Tabla 22. Análisis estadístico de cada poza del sistema integrado.....	41
Tabla 23. Análisis estadístico de cada filtro del sistema integrado.....	42
Tabla 24. Análisis de varianza de las plantas por día.....	43
Tabla 25. Análisis de comparación múltiple entre cada poza.....	44

Tabla 26. Análisis de descontaminación de Cr (VI) de plantas por días.....	45
Tabla 27. Análisis de la varianza de los filtros por día.....	45
Tabla 28. Disminución final de cada sistema.....	46
Tabla 29. Comparación múltiple de los III sistemas integrados.....	47

## Índice de Figuras

Figura 1. Diseño del humedal artificial, 2008. ....	4
Figura 2. Clasificación de los sistemas acuáticos con macrófitas .....	9
Figura 3. Sistema integrado .....	25
Figura 4. Material y accesorios para la elaboración del sistema integrado .....	26
Figura 5. Toma de muestra de la industria curtiembre -Asentamiento Humano Canaán....	27
Figura 6. Dosificación del pH de la borra de café .....	28
Figura 7. Patrones de dicromato de potasio para la elaboración de la curva de calibración. .....	29
Figura 8. Utilización de espectrómetro - UV para determinar concentración de cromo.....	29
Figura 9. Concentración inicial de Cromo Hexavalente .....	32
Figura 10. Sistema Integrado I .....	33
Figura 11. Sistema integrado II .....	34
Figura 12. Sistema Integrado III.....	35
Figura 13. Comparación de cada poza de Eichhornia Crassipes.....	36
Figura 14. Remoción de Cr (VI) por intervalo de 2 días.....	37
Figura 15. Concentración de filtros .....	38
Figura 16. Concentración final de Cr (VI) ppm.....	39
Figura 17. Remoción de Cromo Hexavalente de cada sistema .....	40
Figura 18. Diagrama de caja de bigote para la disminución de cromo hexavalente cada poza del sistema integrado. ....	41
Figura 19. Diagrama de caja de bigote para la disminución de cromo hexavalente cada filtro del sistema integrado .....	42

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la remoción de Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre mediante el sistema integrado de Eichhornia crassipes, y la mezcla de filtro de resina y borra de café, cuya industria está ubicada en el Asentamiento Humano Canaán en el distrito del Agustino.

El trabajo está enfocado en la remoción del Cromo Hexavalente (Cr (VI)), se caracterizó los parámetros fisicoquímicos del agua residual de curtiembre: oxígeno disuelto 1.653 mg/L, Turbidez 497.33 NTU, conductividad 57.90 mS/cm, pH 3.7, temperatura 23.6°C, con la finalidad de evaluar el buen funcionamiento del sistema Integrado. Se reguló el pH del agua de ácido a básico para las condiciones básicas del Eichhornia crassipes y mejorar las condiciones básicas del tratamiento y remoción.

El sistema integrado contó con las siguientes características: 3 recipientes con cantidades de número de planta de Eichhornia crassipes: 3, 5, 8 respectivamente. Así mismo la mezcla de los filtros de borra de café y resina tuvieron pesos de 131.15g y 80.6g respectivamente en cada recipiente. El tiempo del efluente por el paso de los filtros fue: 15, 10, 7 minutos respectivamente. Las concentraciones finales de cromo hexavalente en el primer sistema 0.560 ppm, segundo sistema 0.484 ppm y tercer sistema 0.265 ppm. Determinando la remoción de cada sistema integrado: 78.9%, 81.82% y 90.6% en cada sistema mencionado. Cabe notar de acuerdo con los resultados que el tercer sistema integrado tuvo el mayor porcentaje de remoción cumpliendo los Límite máximo permisible de Cr (VI) del efluente que van a ir a los cuerpos de agua.

**Palabras claves:** Eichhornia crassipes, resina, borra de café, agua residual, sistema integrado, cromo hexavalente, curtiembre.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the removal of Cr (VI) from tannery wastewater through the integrated system of *Eichhornia crassipes*, and the mixture of resin filter and coffee waste, whose industry is located in the Canaan human settlement in the Augustinian district.

The work is focused on the removal of hexavalent chromium (Cr (VI)), the physicochemical parameters of the tannery wastewater were characterized: dissolved oxygen 1,653 mg / L, turbidity 497.33 NTU, conductivity 57.90 mS / cm, pH 3.7, temperature 23.6 ° C, in order to evaluate the proper functioning of the Integrated system. The pH of the acidic water was adjusted to basic for the basic conditions of the *Eichhornia Crassipes* and to improve the basic conditions of the treatment and removal.

The integrated system counted with the following characteristics: 3 containers with - quantities of plant number of *Eichhornia crassipes*: 3, 5, 8 respectively. Likewise, the mixture of coffee and resin fluff filters had weights of 131.15g and 80.6g, respectively, in each container. The time of the effluent through the filters was: 15, 10, 7 minutes respectively. The final concentrations of hexavalent chromium in the first system 0.560 ppm, second system 0484 ppm and third system 0.265 ppm. Determining the removal of each integrated system: 78.9%, 81.82% and 90.6% in each system mentioned. It should be noted in accordance with the results that the third integrated system had the highest percentage of removal complying with the maximum allowable limit of Cr (VI) of the effluent that will go to the bodies of water.

**Keywords:** *Eichhornia crassipes*, resin, coffee waste, waste water, integrated system, hexavalent chromium, tannery.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad la problemática de las aguas residuales de curtiembre ha generado una inquietud a nivel mundial ya que sus aguas residuales contienen metales pesados en el proceso de curtiembre utilizando cromo(III), así mismo en contacto con el ambiente se volatiliza y al oxidarse se vuelve cromo hexavalente (Cr (VI)) causando un gran problema para los ecosistemas de ríos y la salud de las personas, las cuales son ingeridas mediante alimentos contaminados como las hortalizas, con respecto la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (2010), advirtió que el Cr, Ar, Pb y los sulfuros que utilizan las curtiembres causan severos daños a la salud como la leucemia.

Así mismo la UNESCO (2015) en su Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos informa que las industrias que generan un impacto negativo a los ecosistemas de ríos son las industrias de curtiembre por sus altas concentraciones de metales pesados en el proceso curtido. El portal británico LENTECH en su informe efectos de cromo sobre la salud y efectos al ambiente menciona que el cromo hexavalente Cr (VI)) es un gran peligro para la salud humana, por ser una sustancia cancerígena que puede ser ingerido a través de las vías respiratorias y al contacto con la piel.

En el Perú la industria de curtiembre se está desarrollando más en los departamentos de Lima, La Libertad y Arequipa. El departamento de Trujillo en el distrito del Porvenir donde se sitúan más de 250 industrias de curtiembre entre formales e informales. Según el SINIA (Sistema de Información Ambiental) (2015), menciona que la Universidad Nacional de Trujillo, detalla que las curtiembres utilizan en su proceso de curtido el cromo, que es un metal pesado altamente tóxico y cancerígeno. Así mismo menciona que en el Porvenir procesan aproximadamente 20 mil kilogramos (20 toneladas) de cuero al mes y por cada kilogramo de procesamiento de cuero se utiliza medio kilogramo de insumos químicos. La Universidad Pontificia Católica del Perú (2001) en su publicación en la revista científica de química menciona aspectos importantes sobre los impactos ocasionados por las industrias de curtiembre, uno de ellos es la cantidad de agua utilizada en el proceso de la obtención del cuero entre un promedio de 500 millones de  $m^3$  a escala mundial y un promedio de 80  $m^3$  de agua que no son tratadas y son vertidas al alcantarillado, así mismo la composición de estas aguas residuales de curtiembre en el proceso de curtido es cromo (III) y al oxidarse se

convierte en cromo hexavalente lo cual es altamente tóxico y cancerígeno. Cabe recalcar que estos efluentes llegan a tener un pH entre 3-4.

En la rívera del río Rímac se encuentra diversas industrias tales como pintura, fundidoras y cuero. HUAMANI, G. (2012), menciona que existen aproximadamente 60 empresas de curtido, además el 50% están situadas en Lima donde representan la mitad de las industrias del cuero del país, así mismo tienen una producción que se basa en el 75% y 60% de toda la producción de cuero del Perú, por ende, sus efluentes de procesos de curtido de cuero contienen altos niveles de cromo y materia orgánica.

Esta investigación consiste en realizar la remoción del Cr(VI) de las aguas residuales de la industria de curtiembre ubicado en El Agustino teniendo una concentración inicial de 2.6652 ppm, así mismo el límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de industria de curtiembre establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 mg/L teniendo como excedente 2.6352 mg/l, por ende con esto se busca demostrar la capacidad del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café. Así mismo demostrar que se puede generar alternativas de tecnologías con costos mínimos de inversión y ayudar al cuidado del ambiente como también la salud de las personas.

## 1.2. Trabajos previos

GARCIA (2016), realizó una investigación titulada: **Elaboración de una biorresina intercambiadora de cationes a partir de cascara de plátano o guineo para eliminar metales pesados en agua contaminada**, se planteó dar una solución a la problemática de las aguas residuales de curtiembres en el Salvador, por lo cual genera gran impacto al ecosistema de los ríos. Así mismo se utilizó el plátano y guineo para la elaboración de la biorresina como una tecnología sustentable y accesible, por otro lado, el procedimiento consiste en secar y moler la cascara del plátano hasta conseguir un polvo. Las cascara de plátano contiene un gran número de moléculas con carga negativa que tienen un gran poder de atracción sobre las cargas positivas de los metales pesados. Para determinar el poder de eliminación de la biorresina se utilizaron 20g de biorresina colocados en 4 buretas con una muestra de 100 ml con metales (cromo hexavalente, hierro (III) y níquel (II)) con una duración de filtrado de 90 minutos y con temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C, por consiguiente, los resultados obtenidos con mayor remoción y afinidad química fue el cromo hexavalente con un 90% de eliminación en las condiciones de operación de 30°C y 90 minutos de tiempo de contacto (Tabla 1).

**Tabla 1.** Comparación del impacto de la variación de la temperatura en la relación de la concentración (PPM) de metales pesados utilizados como medio filtrante biorresina obtenida de la cascara de guineo y cascara de plátano.

Medio filtrante	Temperatura de prueba (C°)	Concentración inicial de metales (ppm) en la muestra de agua	Concentración de los metales después del filtrado (ppm)			Porcentaje (%) de reducción de metales en la muestra		
			Fe <sup>3+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
Biorresina obtenida de cascara de Guineo	30 °C	20.00	1.84	0.92	13.60	90.82	95.38	32.00
	40 °C	20.00	6.98	0.95	13.00	65.13	95.25	35.00
	50 °C	20.00	8.85	1.22	13.25	55.75	93.88	33.75.
Biorresina obtenida de cascara de plátano	30 °C	20.00	14.30	1.70	16.35	28.5	91.5	18.25
	40 °C	20.00	15.24	2.75	17.35	23.82	86.25	13.25
	50 °C	20.00	19.25	2.72	17.75	3.75	86.38	11.25

Fuente: GARCIA, A., 2016.

CARREÑO (2016), en su investigación **Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes***, su objetivo es solucionar el problema de las curtiembres en San Benito- Bogotá que drenan sus aguas residuales de cromo hexavalente al alcantarillado, ya que no solo afecta a sus ríos principales sino también al subsuelo, aguas subterráneas y al personal que lo manipula. La investigación es experimental cuantitativa. La biorremediación mediante la elaboración del biosistema se utilizó el jacinto de agua para la retención de Cr y disminución de DBO del agua residual. El biosistema midió 15cm x 40cm con una capacidad de 10 L agua. La distribución para la síntesis de tratamiento se basó en diferentes porcentajes 3 con 40% de agua de concentración 4400 mg Cr y otra con 60% con concentración de 6200 mg Cr. También se utilizó de 2 a 3 plantas dependiendo la distribución de agua residual, así mismo se le monitorio y evaluó por 30 días el porcentaje de remoción de cromo (Cr) y disminución de DBO, por consiguiente, se concluye que a mayor cantidad de jacinto de agua la remoción de Cr y DBO es de 60%.sin embargo no cumple la legislación de concentración de cromo por debajo de 0.5mg/l en aguas de curtiembre.

LAGOS (2016), en su investigación para la obtención de título de Ing. Químico en la Universidad de PUC realizó el tema de **Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local**. La investigación es experimental cuantitativa, tiene como objetivo determinar el poder de adsorber el cromo de las aguas residuales mediante el borro de café, ya que es un residuo que no le dan una valorización después del su uso. Para la parte experimental se dejó secar a temperatura ambiente previamente lavado con cloruro de sodio (NaCl). así mismo las concentraciones de Cr de las aguas residuales fue 10ppm y con diferentes pH entre 5 y 7 respectivamente y un tiempo de 3 horas. Se concluyes que las condiciones para obtener una eficiencia de adsorción es de un pH 5 y la remoción es de 94% en una concentración de 158 ppm. Se recomienda. Así mismo para obtener que el agua cumpla los límites máximos permisibles de cromo presentes en cuerpo de agua, se recomienda utilizar la borra de café como un tratamiento final.

SHINA Y MANIKADAN (2016), en su trabajo de investigación **Eliminación continua de Cr (VI) de las aguas residuales mediante la Fitoextracción utilizando el sistema de humedales construidos de flujo superficial vertical de la planta Tradescantia Pallida**. Durante la investigación se utilizó diferentes pH de influencia (7y 4) y diferentes concentraciones de Cr(VI) de efluente (20 y 30 mg/L). los mejores resultados se observó entre dos días y para un pH 7, con una eficiencia de eliminación de Cr (VI) de 97.2-98.3% y una eficacia máxima de remoción de Cr de 86-88.2%.asi mismo se determinó el excelente desempeño del sistema de humedal construido en la planta *T.pallida* para la eliminación continua de Cr(VI) de aguas contaminadas (*Figura 1*).

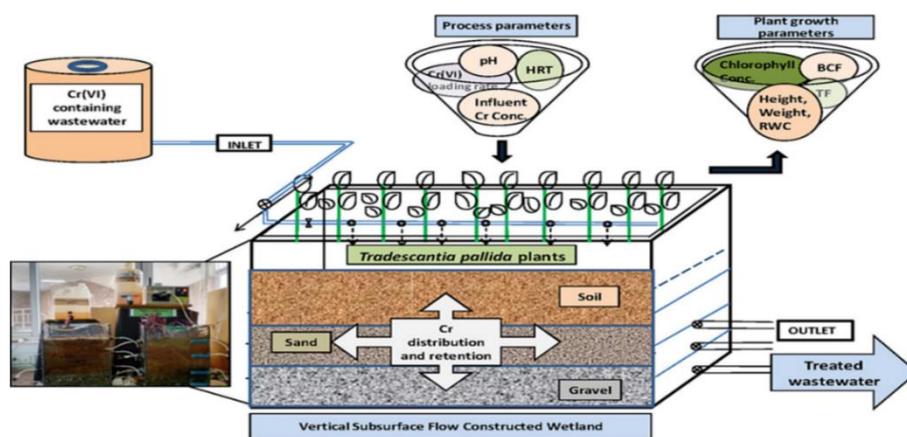


Figura 1. Diseño del humedal artificial, 2008.

Fuente: SHINA, V. y MANIKADAN, N., 2016.

HUERTA (2013), en su trabajo de investigado **Biosorción de Cu (II) por las biomásas pretratadas de cáscara de citrus síntesis (naranja), *Citrus limonium*, (limón) y *Opuntia ficus* (palmeta de nopal)**. El trabajo fue una investigación experimental cuantitativa, se elaboró biomásas las cuales fueron tratadas con cloruro de calcio, con el objetivo de la estabilidad mecánica al material bioadsorbente, Así mismo, se determinó el pH óptimo para el proceso de bioadsorción de Cu (II) está entre un rango 4.5-5. La bioadsorción de Cu (II) tuvo una máxima capacidad por las biomásas de 6.1011mg/L para la cascara de *Citrus sinensis* , cascara de *Citrus limonium* 47.0436mg/L y *Opuntia ficus* 44,2567 mg/L, por consiguiente, se concluyó que las cascara de *Citrus limonium* y *Opuntia ficus* tienen un 97% de capacidad de Biosorción.

RAMIREZ (2018), en su trabajo de investigación **Evaluación del Proceso de Biosorción de la Inflorescencia del *Chenopodium quinoa* (Quinoa) para la Remoción de Cromo (VI)**, como se sabe el Cr(VI) es uno de los metales más tóxicos, ya que se usa en grandes cantidades en el procesos de curtido, causado una alteración en el ecosistema, así mismo en el presente trabajo investigación se realizó pretratamiento de la muestra mediante HCl y NaOH, también se utilizara 0.5 gr del material biosorbentes por un tiempo de 120 minutos, donde se determinó que utilizando como pre tratamiento HCL se obtuvo mayor efecto de remoción de Cr(IV), así mismo se elaboró 4 diferentes muestras con diferentes características las cuales fueron: concentración inicial (50, 100 y 150 mg/L), tamaño de partícula (850 – 425, 425 – 250, 250 – 150  $\mu\text{m}$ ), temperatura (20, 30 y 40 °C) y pretratamiento (con y sin pretratamiento de ácido), por consiguiente se determinó que la inflorescencia de *Chenopodium quinoa* (Quinoa) mostrando una capacidad de remover cromo hexavalente de las aguas residuales de curtiembre.

HURTADO (2016), en su trabajo de **investigación Eficiencia de la zeolita y la cascara de plátano para reducir metales pesados en las aguas del rio Rímac en el K.M 80 de la carretera central en el distrito de San Mateo en Huarochirí ,departamento de Lima, 2016**, el objetivo de la investigación fue comparar la eficiencia de ambos adsorbentes para la reducción de las concentraciones de los metales pesado del Rio Rímac y cumpla los estándares de calidad ambiental (ECA), así mismo utilizar una tecnología sustentable y económica para la solución del problema, los resultados de la parte experimental los resultados con la zeolita y cascara de plátano con peso de 25gr tuvieron los mismos resultados como adsorbentes naturales con un 68% de remoción, por consiguiente se

concluyó que tanto la zeolita y la cascara de plátano son eficientes para remover metales pesados.

NUÑES, Jaider, COLPAS, Fredy y TARON, Arnulfo (2017), en su trabajo de investigación titulada **Aprovechamiento de residuos matorrosos para la obtención de resina de intercambio iónico**, con la finalidad de aprovechar los residuos agroindustriales de la madera para la obtención de la resina de intercambio iónico. Así mismo en su proceso experimental primero se realizó un tratamiento químico con CS<sub>2</sub> y NaOH empleando una relación 0,035 residuo/ NaOH p/p y 1,125 CS<sub>2</sub>/residuo. Además, se realizar pruebas con diferentes constataciones de pH con la finalidad de estudiar la influencia del intercambio iónico, igualmente se realiza isotermas de adsorción para determinar su capacidad. Los resultados obtenidos de los procesos realizados en la parte experimental es la remoción de plomo con un pH de 5 en una solución de 100mg con una dosis de 50mg /10ml obteniendo un 98% de adsorción.

GARAY (2014), en su trabajo de **investigación Biosistema para purificar aguas residuales del beneficio húmedo del café del distrito la coipa en la región de Cajamarca** para la obtención de título para el grado de Ingeniero Ambiental, la investigación se basó en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) ya que pasaban lo máximo límites permisibles de efluente a aguas dulces, en la que se encontraban las empresa de despulpado y lavado de café con 287 y 5847 de DBO respectivamente, así mismo utilizar jacinto de agua para los humedales con el objetivo de remover de Cr(VI), así mismo las aguas residuales estuvieron retenidas por 5 días, acabo de tiempo de exposición se tomó muestra del humedal obteniendo DBO=98ppm y solidos totales de 148 ppm. Concluyendo que biosistema Jacinto de agua alcanzó una reducción para la DBO de 86,57 % y para ST de 98,14 %.

YOBERA (2016), en su trabajo de investigación **Eficiencia de las plantas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para la remoción de cadmio de las aguas del río Surco, 2016** para obtener el grado de Ingeniero Ambiental, se realizó una investigación cuantitativa que se basa en resultados numérico de su proceso de investigación. El objetivo de la investigación fue evaluar las dos plantas acuáticas para la remoción de cadmio presentes en el rio Surco, el tiempo de proceso de cada planta acuática fue de 20 días. Durante el proceso de tratamiento con Jacinto de agua se observó un creciente superior a la *Pistia stratiotes*, por consiguiente, mejoro las características iniciales del agua analizada se concluye que al

finalizar el tiempo de tratamiento para la remoción de cadmio por la especie jacinto de agua es 68% y de la *Pistia stratiotes* de 67% así mismo se concluye que tienes una diferencia significativa de 1% y que ambas pueden ser utilizadas para la remoción de cadmio.

POMA (2014), realizo su trabajo de investigación titulada **Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de Cadmio (II) y Mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)** para la obtención de grado de Lic. Químico. El trabajo de investigación tiene el objetivo de medir la capacidad de absorción de la especie, así mismo se mostró sensible a las pruebas de variación de pH y concentraciones de cadmio y mercurio, con los datos obtenidos se pudo cuantificar las muestras para una mejor adsorción de los metales. Los resultados obtenidos de la dosis optima de 5 concentraciones de cadmio y mercurio a 5mg/L, así mismo se concluye que con las condiciones óptimas la especie acuática jacinto de agua tiene un porcentaje de adsorción de 16.56% para Cadmio (II) y 15.6% para el mercurio en un periodo de 7 días.

FABIAN Y FLORES (2008), en su investigación **Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por Cromo (Cr) generado en las industrias del curtido de cueros**. La investigación es experimental cuantitativa. Para el diseño de biofiltro primero se evaluaron diferentes componentes como: variedad de hojas de café, grava, arena y antracita. así mismo para determinar la eficiencia del biofiltro se realizó las 10 muestras diferentes que se basó en la colocación de los componentes en diferentes posición y cantidades respectivamente en un periodo de evaluación de 20 minutos, también se evaluó el tipo de flujo, fluido, velocidad de entrada y presión de salida de biofiltro tipo columna. Así mismo se concluye que el mejor filtro de las diez muestras fue grava, hoja de café, arena y antracita con cantidades de 36 g, 17 g, 17 y 36 g teniendo una efectividad de reducción de 37.2% de una solución de cromo hexavalente de 1000ppm, tal como se muestras en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Cuadro de resultado del biofiltro

Tipo de filtro	Nombre	Material	Altura (mm)	Eficiencia (%)
RÁPIDO DE ARENA	R1	Hoja de café	17	14
		Grava	12	
		Hoja de café	72	
	R2	Grava	36	10.4
		Arena	72	
		Grava	12	
	R3	Hoja de café	17	76
		Arena	72	
		Grava	36	
	R4	Hoja de café	17	14.4
		Arena	72	
		Grava	12	
R5	Arena	17	4.8	
	Hoja de café	36		
	Grava	36		
R6	Grava	36	8.4	
	Arena	72		
	Grava	17		
MEDIO DUEAL	D1	Grava	12	12.8
		Arena	17	
		Antracita	36	
		Hoja de café	17	
	D2	Grava	36	12.8
		Arena	17	
		Antracita	36	
		Hoja de café	17	
	D3	Grava	17	13.2
		Arena	17	
		Hoja de café	36	
		Antracita	36	
	D4	Grava	36	38.8
		Hoja de café	17	
		Arena	17	
		Antracita	36	
	D5	Grava	12	23.2
		Hoja de café	17	
		Arena	17	
		Antracita	36	
	D6	Hoja de café	36	37.6
		Grava	17	
		Arena	17	
		Antracita	36	
	D7	Hoja de café	17	18
		Grava	12	
		Arena	17	
		Antracita	36	
D8	Hoja de café	17	23.6	
	Grava	36		
	Arena	17		
	Antracita	36		

Fuente: Fabian y Flores, 2008.

FONSECA, BARRON Y MONTALVO (2017), en su trabajo de investigación de **Intercambio iónico para la eliminación del agua de contaminantes metálicos** realizado en la Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia en la facultad de Ingeniería Ambiental ,utilizando diferente tipos de resina aniónica y catiónica para la remoción de cromo (III )y (VI) mediante un sistema Batch, para determinar la capacidad de remoción de estas ,por otro lado se utilizó las isothermas de Langmuir y Freudlinch para mostrar la máxima capacidad en las concentraciones de 14.903 mg de Cr (III) y 149.253mg Cr (VI) por gramo de resina, teniendo como resultado en las pruebas que el tiempo de remoción es en menos de 1 hora la resina a IRA-900 para la remoción de cromo hexavalente

### 1.3. Teoría relacionada

#### Biosistema

Según García y Corzo (2008) manifiesta que los Biosistemas son sistemas naturales cuyo objetivo es eliminar sustancias contaminadas de aguas residuales mediante mecanismo y procesos naturales. Además, en los procesos no se utiliza energía externa y añadir sustancias químicas, además estas tecnologías son sustentables y no convencionales. (p.1). Mientras tanto, Garay (2010) define al biosistema como sistemas acuáticos de fitorremediación donde se utilizan plantas acuáticas (macrófitas) sobre un lecho impermeable teniendo como función las interacciones químicas, físicas y biológicas a través los efluentes es depurado progresivamente (p.28). Así mismo, se utilizó dos tipos de macrófitas (*Figura 2*).



*Figura 2.* Clasificación de los sistemas acuáticos con macrófitas

Fuente: Garay, 2010.

Entre algunas especies para el sistema de tratamiento se utilizan plantas acuáticas (macrofitas) que se caracterizan por tener hojas flotantes, una de las plantas más utilizados

para remoción de metales pesados es *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Lemna.sp* (lenteja de agua).

### **Sistema integrado**

Los sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales se definen como una combinación de procesos (unitarios) y prácticas donde el uso de sus componentes puede variar en su proceso para la obtención de un mejor resultado, así mismos estos sistemas no son convencionales. (Valencia y Silva, 2010, p.66)

**Ventajas principales de los biosistemas**, según Valencia y Silva (2010), son:

- Son de poco costo para su construcción y menos costoso para operar.
- Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores calificados.
- Son muy efectivos en la remoción de DBO, DQO, SST, metales y algunos compuestos orgánicos y microorganismos patógenos de las aguas residuales domésticas.
- Los sistemas de humedales artificiales no producen biosólidos ni lodos residuales.

### **Curtiembre**

Chávez (2010), define que para la obtención de cuero se tiene que pasar por un proceso de curtido que consiste en someter distintas pieles a diversas sustancias químicas, con la finalidad de producir modificaciones físicas y químicas con el objetivo de obtener un material duradero, así mismo la utilización de cromo (III) como una sustancia primordial para dar una mejor calidad al cuero que producen. (p.43)

### **Proceso de curtido por cromo**

Lagos (2016), menciona que para el proceso de curtido se utiliza el cromo trivalente y otras sustancias químicas, el cromo(III) es el más utilizado en las industrias curtidoras por su fácil procesamiento y que mediante este proceso se permite que el cuero obtenga con excelente propiedades, así mismo el cromo pertenece a los elementos de transición de la tabla periódica, cuenta con 3 orbitales y a su vez forma complejos de coordinación nuclear los cuales contienen puentes hidroxol y de sulfatos por ende los grupos carboxílicos ionizados del colágeno de las pieles de animales cruda entran para completar el entrecruzamiento para formar el cuero (p.14). Ver Tabla 3.

**Tabla 3.** Cuadro de resultado del biofiltro

Parámetros	Remojo	Encalado	Desencalado	Curtido con cromo	Teñido, engrasado, recurtido
pH	6-10	12.5-13	6-11	4-3.2	4-10
Temperatura (°C)	10-30	10-25	20-35	-	20-60
Materiales sedimentales mg/L	100-250	300-700	50-150	20-45	100-500
Solidos suspendidos totales (mg/)	2300-6700	6700-25000	2500-10000	380-1400	1000-20000
DBO (mgo2/L)	2000-5000	5000-20000	1000-4000	100-250	6000-15000
DQO (mgo2/L)	5000-1100	20k-40K	2500-700	800-400	15000-75000
Cromo (III) mg/L	-	-	-	4100	0-3000
Sulfuros (mg/L)	0-7000	3300-2500	25-50	-	-
Cloruros (mg/L)	17000-50000	3300-25000	25000-15000	8950-2000	5000-10000
Aceites y grasos (mg/L)	1700	1700	0-5	-	20000-50000
Solventes clorados (mg/L)	-	-	0-2500	-	0-250
Surfactantes (mg/L)	0-400	-	0-500	-	500-2000
% volumen de agua del total de descarga	18	12	22	2-3	38

Fuente: Lagos, 2016.

### Composición de las aguas contaminadas por Cromo trivalente y hexavalente.

Según Roig (2010), menciona que el cromo es un metal pesado que se puede encontrar en dos estados estructuralmente diferente como Cr (III) y Cr (VI) cuyas estructuras son muy diferentes ,así mismo el Cr es utilizado en diferentes industrias, una de ellas es la producción de cuero, donde el proceso de curtido se utiliza dicho metal pesado, si bien es cierto el Cr(III) es utilizado para el proceso de curtido de pieles y no es perjudicial, pero al ser drenado sus aguas residuales al alcantarillado o directamente a los ríos ,este compuesto se oxida en el ambiente hasta Cr(VI) siendo perjudicial para el ecosistema acuático y cancerígeno para las personas (p.7).

En la Tabla 4, podemos apreciar las principales características del Cr (III) y Cr (VI), utilizados en las diferentes industrias.

**Tabla 4.** Característica de Cr (III) y Cr (VI)

Características	Cromo trivalente	Cromo hexavalente
Color	verde	naranja
Mutagénico	no	Si
Carcinogénico	no	Si
Considerado residuo peligroso en EE. UU	no	Si
Considerado residuo peligroso en Europa	no	si
Poder Curtiente	si	no
Elemento esencial para el metabolismo	si	no
Presente en alimentos	Si: carnes, pollo, lentejas, nueces, yema de huevo, etc.	no
Transformación natural	No, es muy estable	no

Fuente: Roing, 2010.

### **Cromo Hexavalente**

Según TELLEZ y CARVAJAL (2004), define que el cromo hexavalente es un elemento toxico para el ambiente y la salud de las personas. Así mismo el cromo está clasificado por la International Agency for Research on Cancer (IARC) en el grupo I (cancerígeno comprobado en humanos) ya que en contacto con las personas que lo manipulan produce cáncer en el sistema respiratorio (Tabla 5).

**Tabla 5.** Fuentes utilizado en la industria

Materiales u objeto que contiene cromo	Oficios o lugares de contacto	Compuesto del cromo
Mineral de cromo	Refinado de cromo	Cromato
Balos de cromo	Artes graficas	Ácido crómico-dicromato sodio
Aleaciones soldadura	Industria del metal	Cromato
Pinturas y tintes de cromo	Pintores, decoradores, artes gráficas, textiles.	Oxido e hidróxido de cromo, cromato de zinc y plomo
Aceites y grasas	Industria del metal	Oxido crómico y cromatos
Agentes anticorrosivos en sistemas de refrigeración	Motores diésel, calderas y sistemas de aire acondicionado	Dicromato alcalino
Conservación de madera	Tintes para madera, carpintería, minería	Dicromato alcalino
Cemento, agentes para el fraguado rápido	Producción del cemento, industria de construcción	Cromatos
Materiales de limpieza, materiales y lejías	Amas de casa, lavanderas	Cromatos
Tejidos, pieles	Industria textil	Cromatos
Cueros teñidos al cromo	Industria del cuero	Sulfuro y aluminio de cromo

Fuente: Téllez y Carbajal, 2004.

## **Impacto del cromo en la salud y en el medio ambiente**

Así mismos Roig (2010), menciona que el Cr (VI) es un peligro para la salud de los humanos por ser una sustancia cancerígena, las personas más afectadas son las que trabajan en la industria de acero, textil y cuero, causándoles varios problemas en la salud (p.10).

- Problemas respiratorios
- Daños en los riñones
- Cáncer al pulmón
- Debilitamiento del sistema inmune

Además, Chávez (2010), menciona que en los cuerpos de aguas son receptores de las aguas residuales de curtido, así mismo en cromo hexavalente que encuentra en su forma soluble por haberse oxidado de Cr (III), por lo cual es muy estable para ser trasportado por los cuerpos de agua. (p.45)

## **Etapa de la producción de cuero**

### **Etapa de ribera**

Según Ochoa (2012), menciona que n la etapa de ribera está compuesta por varis procesos cuya finalidad es la eliminación del pelo o lana del animal, las características de este proceso es el alto consumo de agua y el efluente presenta un elevado pH, así mismo se usan químicos como sulfuro de sodio y cal con la finalidad de eliminar la epidermis y el pelo. (p.11)

### **Etapa de curtido**

Según Ochoa (2012), hace referencia que en la etapa de curtido está compuesta por un conjunto de operaciones y procesos cuya finalidad en preparar la piel para ser curtida y poder transformarla en cuero, cuyo efluente tiene por característica un pH bajo al terminar el proceso. Además, en el proceso de desencalado, desengrase y purga eliminan la cal, el sulfuro y los restos de grasa que pueda contener la piel, así mismo limpian los poros. También en este proceso el consumo de agua es menos al de ribera (p.12)

### **Etapa de acabado**

Según Ochoa (2012), menciona que la etapa de acabado cuya finalidad es dar las características finales para poder confeccionar el cuero. Así mismo esta etapa comprende por varios procesos tales como teñido, secado, recorte de acabado (p.15).

## Propiedades de la planta acuática para el sistema integrado de remoción de cromo hexavalente

Las plantas acuáticas tienen un rol importante en los sistemas de tratamiento de agua cuyas funciones son:

- ✓ Eliminación de contaminantes (metales pesados)
- ✓ Fijación de nutrientes y fosfatos
- ✓ Remoción de DBO
- ✓ Eliminación de los contaminantes asimilándoles por la raíz que van directamente a sus tejidos.
- ✓ Eliminación de materia orgánica.

### *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)

Según Yobera (2016), el jacinto de agua es una especie flotante de agua dulce, así mismo es una especie invasora, se propagan en lugar tropical (20 a 35 C°) y fríos. Posee de tipo de raíz plumosa, fibrosa y con muchas ramificaciones que llegan a medir 30cm, tienen forma de espiral dando un aspecto de rosetas, también tienen forma ovoidea llegando a medir de 15 cm de longitud y 10 cm de anchura. Además, se pueden duplicar en 10 días. El jacinto de agua no soporta agua salobre y es la octava especie de crecimiento rápido a nivel mundial (Tabla 6).

**Tabla 6.** Taxonomía de Jacinto de agua

Taxonomía científica	
Reino	Plantae
División	Pteridophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Pontederiales
Familia	Magnoliophyta
Genero	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>Eichhornia crassipes</i>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## **Características morfológicas**

Según Yobera (2016), se tiene las siguientes características:

- Especie acuática flotante, de raíces sumergidas de libre flotación cuya altura puede llegar a 50 cm.
- Rizoma ramificado que puede llegar a 30 cm de longitud.
- Tienen forma ovoidea, oval o elíptica que llegan a medir de 2 a 15 cm de longitud y de 2 a 10 cm de anchura, con los bordes ligeramente curvados y con numerosas venas finas y longitudinales, se disponen espiralmente, dando un aspecto de roseta.

## **Tratamientos tradicionales para la eliminación de Cr (VI)**

Existe varios procesos de tratamiento para la eliminación de metales en aguas residuales producto de las industrias, así mismos los métodos más comunes para la reducción de la concentración de cromo hexavalente en soluciones acuosas son las resinas, adsorción, absorción entre otros. (Yobera, 2016)

## **Filtros**

Según Angarita (2013), manifiesta que los filtros son llamados biofiltros, este proceso de biosorción involucra una fase sólida (sorbete) y una fase líquida (solvente) que contiene la sustancia que va a ser sorbido (metales pesados y compuestos orgánicos), así mismo el proceso continuo hasta que se produzca un equilibrio entre el material que va a ser absorbido donde el sorbato determine la distribución entre la fase sólida y líquida (p.13).

## **Resina de intercambio iónico**

García (2016), menciona que las resinas de intercambio iónico estas compuestas por cadenas hidrocarbonadas las cuales están unidas de forma encadenada a los grupos iónicos libres. Las cadenas están unidas transversalmente dando forma a una matriz tridimensional la cual proporciona rigidez a la resina, así mismo el grado de entrecruzamientos determina la estructura porosa de la resina internamente. El interior presenta iones para que se produzca el intercambio iónico por ende el grado de reticulación puede limitar la movilidad de los iones participantes (p.19).

## **Tipos de resinas**

Según García (2016), existen:

**Catiónicas:** intercambian iones positivos (cationes) en soluciones líquidas

**Aniónicas:** intercambian iones negativos (aniones) en soluciones líquidas

### **Borra de café**

Angarita (2013), define que la borra de café es un residuo que queda, después de la torrefacción o molido del café así mismo de la preparación de la bebida (p.10).

### **Aguas residuales industriales**

Las aguas residuales industriales son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, (OEFA, 2014, s.p)

### **Turbidez**

Según Spellman (2004), define la turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la cantidad de materiales insolubles suspendidos, coloidales o muy finos que se presenta en las aguas superficiales, así mismo son difíciles de decantar y filtrar, además dan lugar a la formación de depósitos en las conducciones del agua, por lo cual interfiere en los procesos que se puede destinar este recurso agua. La unidad de medición es NTU se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

### **Conductividad**

Según Spellman (2004), define la conductividad eléctrica establece la capacidad para conducir electricidad, como también nos indica la cantidad de materia ionizable total presente en los cuerpos de agua. La unidad de medición es uS/cm y el instrumento de medición el conductímetro.

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Según Spellman (2004), define el pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno se define como  $pH = \log (1/[H])$ , además es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que se puede afectar la vida acuática y el uso del específico del recurso agua. Así mismo el promedio de las aguas naturales tienen pH 6 y 8. El pH se puede corregir o modificar mediante la neutralización

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Según Rigola (2014), define la demanda bioquímica de oxígeno a la cantidad de oxígeno necesario o consumida para la descomposición microbiana (oxidación) de la materia orgánica (p.28).

## **Temperatura**

Según Aguirre (2014), menciona que la temperatura es un parámetro muy importante para la vida acuática, ya que influye en la aceleración de la actividad biológica y la cantidad de oxígeno disuelto, así mismo afecta en la propiedad física y química del agua, por lo que tienen una gran importancia sobre los organismos acuáticos, alterando sus hábitos de alimentación y reproducción. (p.22)

## **Oxígeno disuelto**

Según Aguirre (2014), refiere que el oxígeno disuelto es esencial para la vida en el agua, proviene principalmente del aire, así mismo los niveles bajos o ausencia de oxígeno disuelto en el agua pueden ser indicador de contaminación, además la presencia de oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura, presión y la mineralización del agua. El OD debe ser medido in-situ ya que su concentración puede cambiar en un corto tiempo. (p.21)

## **Remoción**

García (2014), menciona que la remoción de los iones metálicos de soluciones acuosa puede generarse por varias formas como adsorción, absorción e intercambio iónico. Así mismo estos mecanismos implican la interacción de la sustancia al cuerpo receptor y el solvente que es la fase líquida. (p.16)

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cómo el sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café removerá el Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre -El Agustino 2018?

### **1.4.2. Problemas específicos**

#### **Problema específico 1**

¿Cuáles son las características físicas – químicas del agua residual de curtiembre?

#### **Problema específico 2**

¿Cuáles son las características del sistema integrado *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre?

#### **Problema específico 3**

¿Cuál es la capacidad de remoción de Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre a través del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **A Nivel ambiental**

El presente trabajo de investigación permitirá la elaboración de un sistema integrado para la remoción de metales pesados de la industria de curtiembre de las aguas residuales en el proceso de curtido cuyo metal utilizado es el Cr (III), siendo en este estado no tóxico, pero al oxidarse se convierte en Cr (VI), en este estado es más nocivo para los ecosistemas acuáticos y personas. Así mismo estas descargas van directo al alcantarillado o al río, además están calculadas en más de 4000 m<sup>3</sup> /día, de los cuales un 60 a 70% provienen de la preparación de la piel, un 30 al 40% del curtido y un 5 al 10% del acabado.

### **A Nivel social**

El trabajo de investigación está enfocado en la remoción de Cr (VI) de las aguas residuales de la industria de curtiembre ubicado en el distrito del Agustino, cual favorecerá en la remoción de dicho metal contaminante, que afecta al ecosistema acuático, como también la salud de las personas.

### **A Nivel económico**

El sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café, es una alternativa viable y de bajo costo que puede ser implementado para la remoción de cromo trivalente, hexavalente y otros parámetros fisicoquímicos de sus aguas residuales de la industria curtiembre, así mismo tiene como finalidad cumplir los estándares de calidad de agua y poder reutilizar en otros procesos de la producción del cuero. Es por ello, que este trabajo de investigación permitirá remover Cr (VI) y dar solución al problema ambiental que ocasionado por las aguas residuales de curtiembre.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

**H<sub>1</sub>:** El sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café permitirá remover el Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis específica 1**

**H<sub>1</sub>:** Las características físicas- químicas del agua residual de curtiembre, presentan niveles de contaminación de cromo (VI).

#### **Hipótesis específica 2**

**H<sub>1</sub>:** Las características del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre es el más adecuado.

#### **Hipótesis específica 3**

**H<sub>1</sub>:** El sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café permite reducir Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre mediante el sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

#### **Objetivo específico 1**

Evaluar características físicas – químicas del agua residual de curtiembre.

#### **Objetivo específico 2**

Determinar las características del sistema integrado de la *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre.

#### **Objetivo específico 3**

Determinar la capacidad de remoción de Cr (VI) del agua residual de curtiembre a través del sistema integrado a base de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

El estudio pertenece a un diseño experimental de tipo aplicativo, pertenece al diseño de experimental de enfoque cuantitativo, debido a que se evaluara la capacidad del sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre. Para ello se caracterizará los componentes del biosistema; posteriormente se comparan las características fisicoquímicas del agua antes y después del tiempo de proceso.

### **2.2. Variables, operacionalización**

#### **2.2.1. Variables**

**Variable independiente:**

**VI: Sistema integrado**

Los sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales se definen como una combinación de procesos (unitarios) y prácticas donde el uso de sus componentes puede variar en su proceso para la obtención de un mejor proceso, así mismos estos sistemas no son convencionales. (Valencia y Silva, 2010, p. 66)

**Variable dependiente:**

**VD: remoción de Cr (VI)**

La remoción de los iones metálicos de soluciones acuosa puede generarse por varias formas como adsorción, absorción e intercambio iónico. Así mismo estos mecanismos implica la interacción de la sustancia al cuerpo receptor y el solvente que es la fase líquida. (GARCIA, 2014, p. 16)

**Operacionalización**

**Variable independiente:** Sistema integrado

**Variable dependiente:** Remoción de Cr (VI)

**Tabla 7. Matriz de Operacionalización**

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN / UNIDAD
VARIABLE INDEPENDIENTE	Sistema Integrado	Son combinación de procesos (unitarios) y prácticas donde el uso de sus componentes puede variar en su proceso para la obtención de un mejor resultado, así mismos estos sistemas no son convencionales. (Valencia y Silva,2010, p.66)	Para la realización del sistema integrado para la remoción de Cr (VI), se considera el volumen de agua para la calcular las dimensiones.  Se utilizó plantas macrófitas para remover Cr (VI) donde se evaluará por días su capacidad de remoción, así mismo se utilizará el potencial de los filtros en concentraciones y volumen constante.	Característica del sistema integrado de <i>Eichhornia crassipes</i> y resina y borra de café	Cantidad de <i>Eichhornia crassipes</i>	Razón
					Volumen de resina	Razón
					Volumen de borra de café	Razón
					Tamaño del Sistema integrado	Razón
					Tiempo de proceso	Minutos
VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de Cr (VI) de aguas residuales curtiembre	La remoción de los iones metálicos de soluciones acuosa puede generarse por varias formas: adsorción, absorción e intercambio iónico. Así mismo estos mecanismos implica la interacción de la sustancia al cuerpo receptor y el solvente que es la fase líquida. (García, 2014, p. 16)	Para la determinación de concentración inicial y final de Cr (VI) se determinó con el método de la Definilcarbazida (EW_APHA3500CRB)  Se determinará las contracciones tanto en la poza de las plantas <i>Eichhornia crassipes</i> y la concentración final pasando por los filtros, cuya finalidad es lograr reducir el Cromo hexavalente y compararlo con los LMP.	Características físicas-químicas del agua residual	Ph	1-14
					Concentración Cr (VI)	ppm
					Oxígeno disuelto	mg/L
					Temperatura	C°
					Turbidez	NTU
					Conductividad	mS/cm
				Nivel de remoción de Cr (VI)	$\% \text{Remoción} = \frac{Ci - Cf}{Ci}$	%

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población

Se tomó como población las aguas residuales del proceso de curtido de la industria de curtiembre ubicada en el distrito del Agustino- Asentamiento humano Canaán la cual tiene una superficie de 12.54 km<sup>2</sup>.

### 2.3.2. Muestra

La muestra que se utilizo es de 30 litros de las aguas residual de proceso de curtido de la Industria de curtiembre en el distrito del Agustino.

**Tabla 8.** *Coordenadas del lugar de muestreo*

<b>Zona</b>	<b>18L</b>
Coordenadas Este (UTM)	280480 m E
Coordenadas Norte (UTM)	8665267 m N

Fuente: Elaboración propia, 2018

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnica

Para el presente trabajo de investigación se empleó la técnica de observación, así mismo se considera las características de la *Eichhornia crassipes*, filtros de resina y borra de café, además también las características de las características de las aguas residuales de curtiembre que serán fundamental para que el sistema integrado tenga mayor grado de porcentaje de remoción.

### 2.4.2. Instrumentos

Para el desarrollo de proyecto de investigación se utilizó lo siguiente:

- ✓ Ficha de recolección de datos In-situ
- ✓ Ficha de monitoreo del sistema integrado
- ✓ Ficha de observación

**Tabla 9. Etapa de proceso experimental**

<b>Etapa</b>	<b>Fuente</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Resultado</b>
Toma de muestra inicial	Agua residual de la industria de curtiembre - El Agustino	Técnica de muestreo puntual	Cadena de custodia	Concentración inicial de Cr (VI) y parámetros fisicoquímicos
Proceso de experimentación	Toma de muestra de 30L	Experimental	Ficha de observación	Concentración de Cr (VI)
Evaluación del sistema integrado	<i>Eichhornia crassipes</i> y filtro de borro y resina para la remoción de Cr (VI)	Observación científica y análisis	Ficha de observación	Nivel de remoción por intervalos de días
Monitoreo final	resultados obtenidos de la evaluación de sistema integrado	Observación científica y análisis	Ficha de nivel de remoción	Nivel de remoción del sistema integrado

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.4.3. Validación y confiabilidad

La validez de cada uno de los instrumentos fue evaluada por juicio de los expertos, los cuales tendrán sus datos personales, y el porcentaje aprobación.

- ✓ Ficha de parámetros fisicoquímicos y concentración de Cr (VI) de los filtros
- ✓ Ficha de parámetros fisicoquímicos y concentración de Cr (VI) durante los días de monitoreo.
- ✓ Ficha de característica para la borra de café.
- ✓ Ficha de característica para la resina.
- ✓ Ficha comparación de resultados de parámetros fisicoquímicos de la Azolla Filiculoides
- ✓ Ficha de característica de *Azolla filiculoides*.
- ✓ Ficha de nivel de remoción de la *Eichhornia crassipes*.

**Tabla 10. Validación de instrumentos por expertos**

<b>N°</b>	<b>Expertos</b>	<b>Porcentaje de Validez de instrumento</b>
1	Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio	85%
2	Dr. Esteurio Acosta Susanabar	85%
3	Quím. Quintana Paetan Alexander	85%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 11. Confiabilidad de los instrumentos**

Instrumentos	Item	Validez de expertos			Confiabilidad (Alpha de Cronbach)
		N° 1	N° 2	N° 3	
Instrumento 1	1	85%	90%	90%	0.956
	2	85%	90%	90%	
	3	85%	90%	90%	
	4	85%	90%	85%	
	5	85%	90%	85%	
	6	85%	90%	90%	
	7	85%	90%	95%	
	8	85%	90%	95%	
	9	85%	90%	90%	
	10	85%	90%	90%	
Instrumento 2	1	85%	90%	90%	1.000
	2	85%	90%	90%	
	3	85%	90%	90%	
	4	85%	90%	90%	
	5	85%	90%	90%	
	6	85%	90%	90%	
	7	85%	90%	90%	
	8	85%	90%	90%	
	9	85%	90%	90%	
	10	85%	90%	90%	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 11, se realizó el cálculo de Alpha de Cronbach ( $\alpha$ ) a través del software estadístico IBM SPSS V. 25, donde se obtuvo valores de 0.956 (Instrumento 1) y 1.000 (Instrumento 2); es decir,  $\alpha > 0.9$ , encontrándose en un nivel de confiabilidad muy alto.

## 2.5. Métodos de análisis de datos

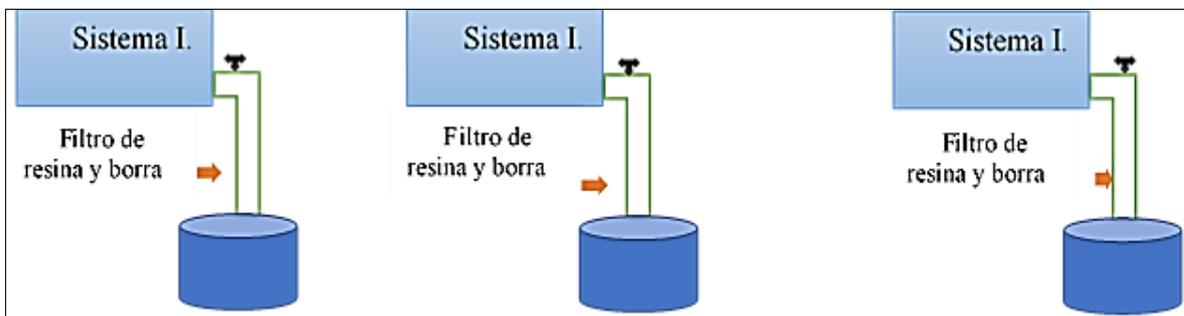
Para la elaboración de cuadros se tomó los valores resultantes del análisis de la muestra de las aguas residuales de curtiembre antes y después de la aplicación de los tratamientos (Sistema Integrado de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café). Seguidamente, se procedió con la elaboración de gráficos en las cuales se comparó la eficiencia de remoción de Cr (VI) de agua residual de Curtiembre entre tratamientos.

Para el análisis e interpretación de los resultados se empleó la estadística descriptiva e inferencial. Se utilizó la estadística descriptiva para presentar los datos de la aplicación de la variable independiente sobre la dependiente, sin sacar conclusiones; y se utilizó la estadística inferencial para determinar el comportamiento de la muestra estudiada y obtener conclusiones de tipo general y específico.

En ese sentido, se utilizó el software estadístico IBM SPSS V. 25, donde se evaluó los datos según su tipo, que pueden ser cualitativas o cuantitativa, que son expuestos en los instrumentos empleados. Después, se realizó al procesamiento estadístico de la información recogida de la remoción de Cr (VI) del agua residual de Curtiembre, utilizando el método estadístico de la prueba de normalidad para evaluar el comportamiento de los valores obtenidos. Seguidamente se aplicó el método estadístico de contraste ANOVA de un factor, que permitió determinar el tratamiento (Sistema Integrado de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café) más adecuado para la remoción de Cr (VI).

### Diseño y procedimiento experimental

Elaboración de tres sistemas integrados para la remoción de Cromo hexavalente de aguas residuales de curtiembre. Ver *Figura 3*

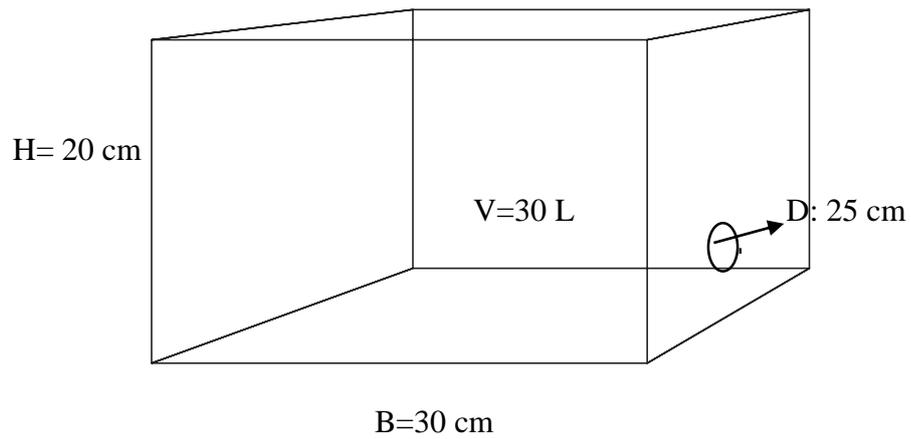


*Figura 3.* Sistema integrado

Fuente: Elaboración propia, 2018.

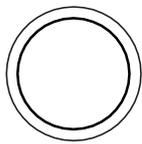
La *Figura 3*, mostró el sistema integrado que consta de tres posas que miden: 30 cm x 30 cm con una capacidad de 10 litros, el filtro tendrá de altura: 20 cm, diámetro: 4cm, 4 llaves de paso, una para cada sistema y material del sistema integrado es de acrílico.

**Dimensiones:**



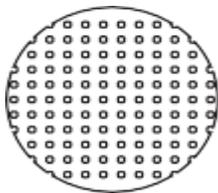
1.5pulgadas

Anillo de ajuste



D=1.5 pulgadas

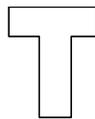
Filtro



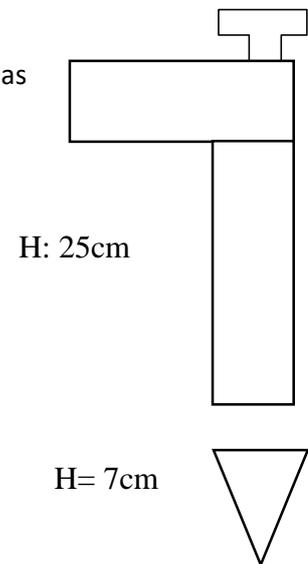
Diámetro del  
filtro: 1 mm

Diámetro=1.5

Llave de paso=2 p



D=1.5 pulgadas



*Figura 4.* Material y accesorios para la elaboración del sistema integrado

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Toma de muestra

- Se tomó 30 litros de agua residual de la industria de curtiembre del proceso de curtido, tal como se aprecia en la *Figura 5*.



*Figura 5.* Toma de muestra de la industria curtiembre -Asentamiento Humano Canaán

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de biotecnología UCV. (pH, conductividad, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto) mediante el multiparámetro HANNA.
- Se tomó una muestra representativa de 50 mL de muestra para analizar la concentración inicial la concentración inicial de Cr (VI) mediante el método colorimétrico según la metodología internacional estándar EW\_APHA3500CRB. para la utilización de la metodología de uso el equipo Espectrómetro-UV, así mismo se debe realizar la curva de calibración para poder determinar las lecturas de absorbancia del equipo.

## Procedimiento experimental

- Se caracterizó cada componente del sistema integrado, en caso de la borra de café primero se determinó su pH inicial la cual dio como resultado 5.2, lo cual se tuvo que dosificar con Hidróxido de sodio, hasta obtener un pH adecuado de 8.2.

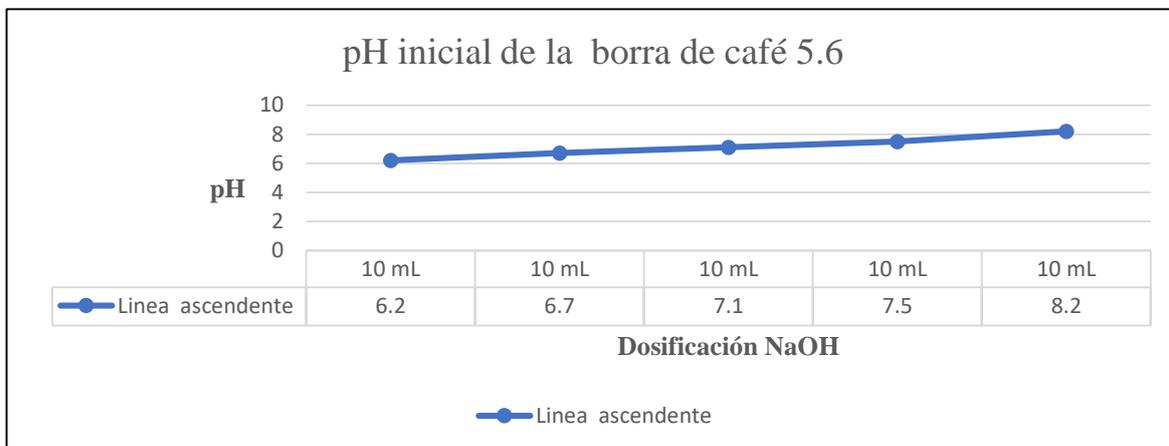
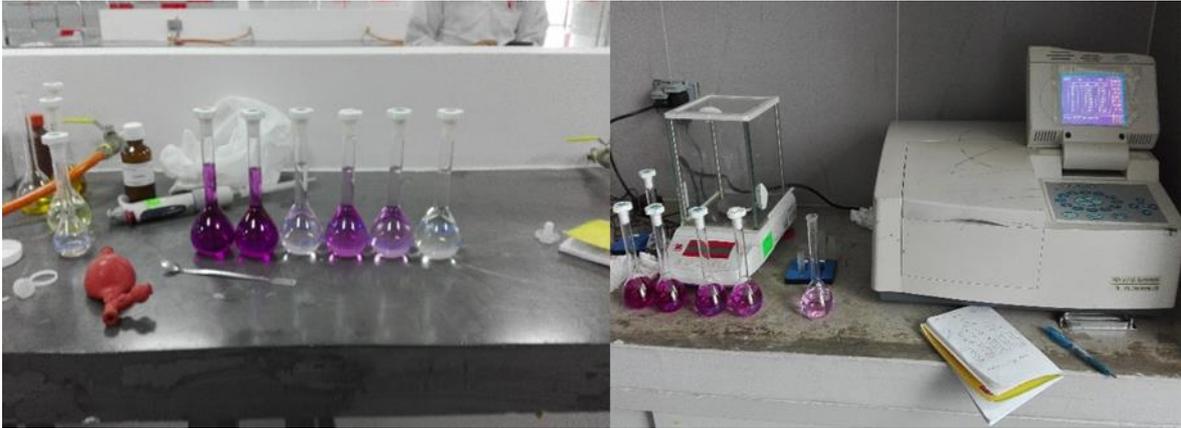


Figura 6. Dosificación del pH de la borra de café

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observó en la *Figura 6*, se tuvo que preparar una muestra de 60 mL de NaOH para poder neutralizar la borra de café, así mismo para llegar al pH básico se tuvo que dosificar con cada 10mL hasta obtener pH 8.

- Para la caracterización de resina Amberlite IR-120 se utilizó la hoja técnica de la fabricación. según las características de la resina Amberlite IR120 están establecidas en la hoja técnica, considerándose entre sus principales propiedades rango de pH, diámetro, densidad, capacidad de intercambio iónico entre otros; siendo estos 3 últimos de mayor importancia para el desarrollo de la presente investigación.
- Para la utilización de las plantas acuáticas *Eichhornia Crassipes* se tuvo que dar las condiciones básicas para su adaptación, uno de los parámetros más importante fue el pH que estuvo de 3.5 se subió a 7.2. así mismo durante el proceso se observa los cambios que tuvieron las plantas al estar en contacto con el agua residual.
- Los 30 litros de muestra fue distribuida en 10 litros para cada sistema integrada compuesto de *Eichhornia Crassipes*, filtro de resina y borra de café
- Cada sistema integrado contó con cantidades diferentes *Eichhornia crassipes* (3,5 y 8 g.) y filtro de resina con un peso de 80.06 g y la borra de café con 121.15 g.
- Se preparó patrones de dicromato de potación según el método colorímetro de la defenilcarbazona EW\_APHA3500CRB, tal como se aprecia en la *Figura 7*.



*Figura 7.* Patrones de dicromato de potasio para la elaboración de la curva de calibración.

Fuente: Elaboración propia, 2018

La parte experimental duró 16 días, se tomaron muestras de 50 ml de cada día de los diferentes sistemas, la cual fue llevado al laboratorio de la UCV donde se analizó por el método colorimétrico (**EW\_APHA3500CRB**) para determinar la disminución del Cr (VI) y realizar la curva descendiente sobre las concentraciones de remoción durante el proceso (*Figura 8*).



*Figura 8.* Utilización de espectrómetro - UV para determinar concentración de cromo.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Los filtros de resina y borra de café, se evaluó diariamente durante todo el proceso para determinar el día que más remoción tuvo el sistema integrado con el mismo método colorimétrico (**EW\_APHA3500CRB**), así mismo se evaluó el tiempo de proceso.
- El total de muestra que se analizó en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo fueron 16 muestras por cada sistema que se analizó con el método colorimétrico de la defenilcarbazida (**EW\_APHA3500CRB**) mediante el equipo espectrómetro - UV.

## **2.6. Aspectos éticos**

Este trabajo de investigación se basó en técnicas e instrumentos validados por expertos en la materia para que mis resultados sean veraces, así mismo se respetó la información recopilada de los autores que aporten a mi investigación mediante sus publicaciones de libros, revistas científicas y artículos. Por lo que se colocó con mucha responsabilidad en las citas bibliográficas respetando la norma ISO 690. Así se respetó lo establecido en el código de ética del reglamento de investigación RR089 y se filtró el trabajo de investigación por el software turnítin, para corroborar la originalidad de la investigación.

### III. RESULTADOS

#### Resultado de la caracterización del agua residual de curtiembre

**Tabla 12.** Resultado de laboratorio de las características fisicoquímicas de la muestra inicial del agua residual de curtiembre

Resultados de muestra inicial		Sistema integrado de <i>Eichhornia crassipes</i> , filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre			
Parámetro	Unidad de medida	R1	R2	R3	Promedio
Oxígeno disuelto	mg/L	1.67	1.64	1.65	1.653
Conductividad	mS/cm	58.1	57.9	57.7	57.900
Turbidez	NTU	500	498	494	497.333
pH	Unidad	3.73	3.7	3.68	3.703
Temperatura	° C	23.7	23.7	23.5	23.633

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo con la Tabla 12, los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual de curtiembre, el pH dio como resultado 3.703 superando lo que establece el decreto supremo N° 003-2002 que regula el Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre es de 5 a 8.5.

#### Resultados de la concentración inicial de cromo hexavalente de agua residual de curtiembre

**Tabla 13.** Resultado de laboratorio de la concentración inicial de Cromo Hexavalente del agua residual de curtiembre

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Categoría	Subcategoría	Unidad	Referencia	
12/10/2018	1:20 p. m.	Agua residual	Agua residual de curtiembre	ppm	EW_APHA3500CRB	
Concentración de Cr (VI)	mg/L	/	Absorbancia	Abs. Corregida	Vol. Muestra	Cr (VI) ppm
			Bk	0.003	0	1 mL
Resultado		M1	0.15	0.147	10 mL	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

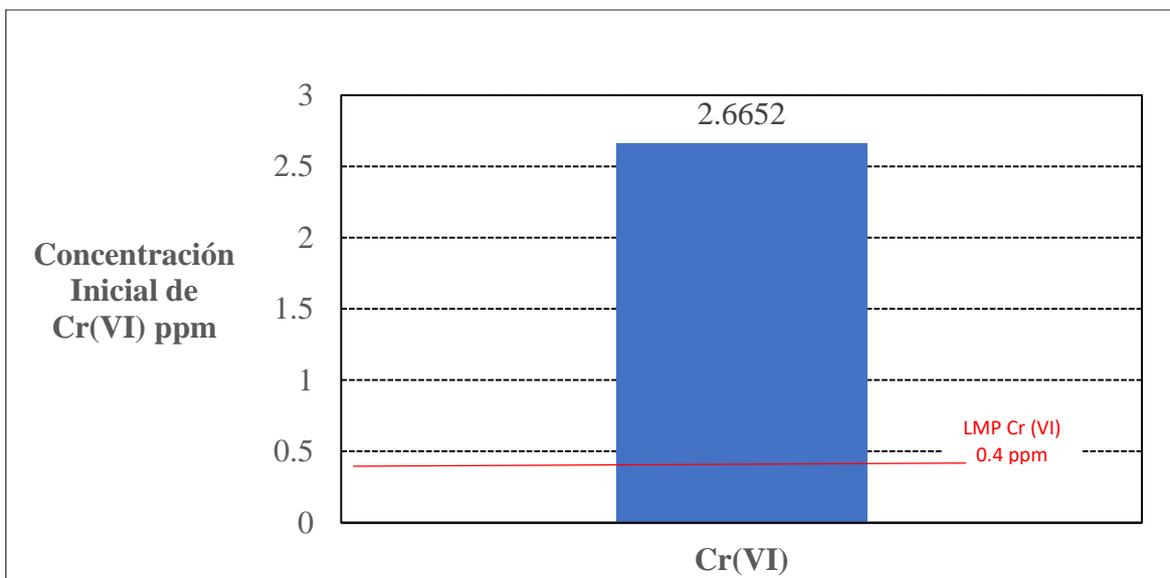


Figura 9. Concentración inicial de Cromo Hexavalente

Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo con la Figura 9, los resultados de concentración inicial de Cromo Hexavalente es 2.6652 ppm, así mismo supera lo establecido en el decreto supremo N.º 003-2002 que regula el Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre con 0.4 ppm.

**Resultados del primer Sistema Integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) para la remoción de Cr (VI) en un tiempo de 16 días de monitoreo.**

Tabla 14. Resultados del primer sistema integrado

Sistema Integrado I			
Numero Plantas acuáticas	Filtro de resina y borra de café		
	Peso de borra de café(g)	Peso de resina (g)	Tiempo
3 <i>Eichhornia Crassipes</i>	121.15g	80.06 g	15"

Fuente: Elaboración propia, 2018

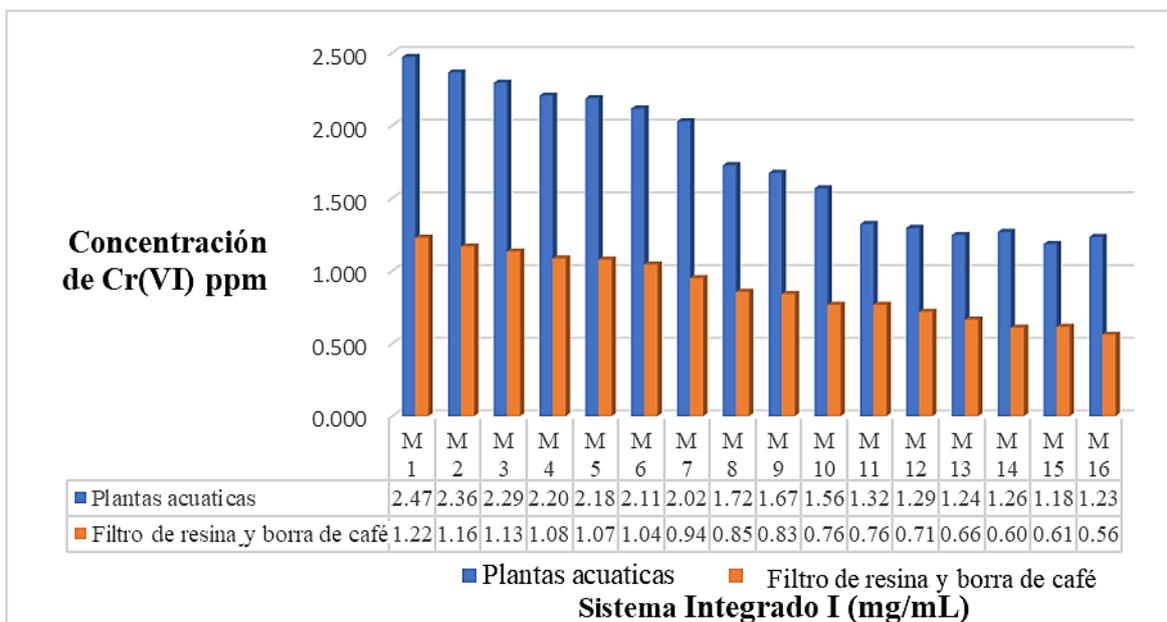


Figura 10. Sistema Integrado I

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se observó en la *Figura 10*, la remoción de Cr (VI) del primer sistema integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) que tiene una concentración inicial de Cr(VI) de 2.6652 ppm, según los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado de las actividades de industria de curtiembre establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 ppm teniendo como excedente 2.6352 mg/L, así mismo se observa que el sistema integrado I en la muestra resultados final de resina y borra de café da resultado 0.56 y de las pozas con *Eichhornia crassipes* da 1.23 ppm de cromo hexavalente como concentración final de los , así mismo uno de los factores importante es el tiempo de proceso por los filtros.

**Resultados del segundo Sistema Integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) para la remoción de Cr (VI) en un tiempo de 16 días de monitoreo.**

Tabla 15. Resultado del segundo sistema integrado

Sistema Integrado II			
Numero Plantas acuáticas	Filtro de resina y borra de café		
	Peso de borra de café(g)	Peso de resina (g)	Tiempo
5 <i>Eichhornia crassipes</i>	121.12 g.	80.10 g.	10"

Fuente: Elaboración propia, 2018

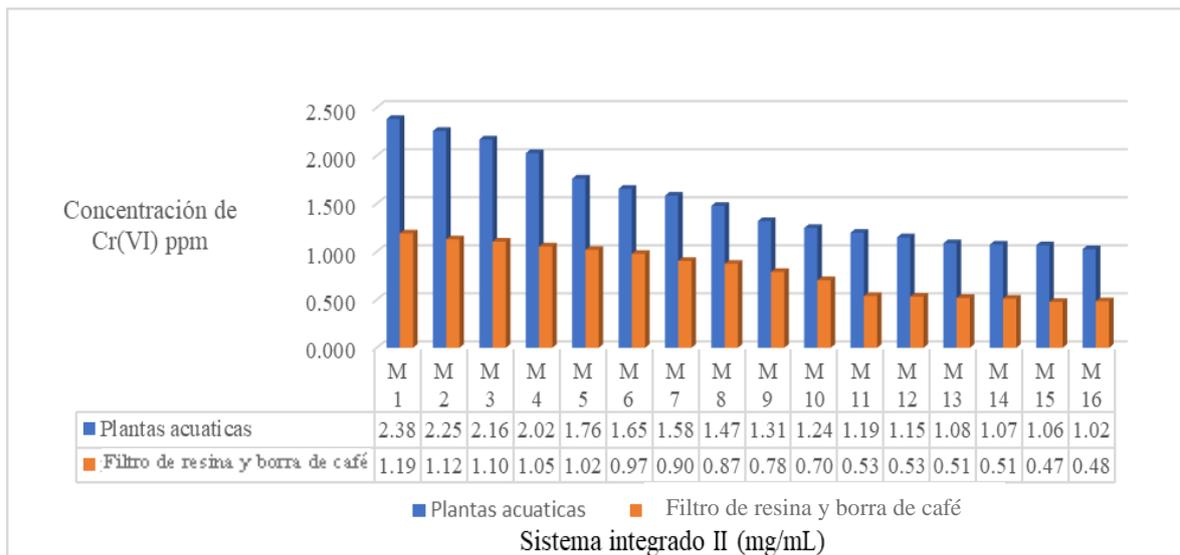


Figura 11. Sistema integrado II

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se observó en la Figura 11, la remoción de Cr (VI) del segundo sistema integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) que tiene una concentración inicial de Cr (VI) de 2.6652 ppm, según los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado de las actividades de industria de curtiembre establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 ppm teniendo como excedente 2.6352 mg/L, así mismo se observa que el sistema integrado II en la muestra 16 da como resultado 0.48 ppm de cromo hexavalente removiendo 2.1852 ppm de Cr(VI) ,así mismo este sistema integrado cuenta con 5 plantas acuáticas y menor tiempo de exposición de 10 minutos de los filtros.

**Resultados del tercer Sistema Integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) para la remoción de Cr (VI) en un tiempo de 16 días de monitoreo.**

Tabla 16. Resultados del tercer sistema integrado

Sistema Integrado III			
Numero Plantas acuáticas	Filtro de resina y borra de café		
	Peso de borra de café(g)	Peso de resina (g)	Tiempo
8 <i>Eichhornia crassipes</i>	121.11g	80.06 g	7"

Fuente: Elaboración propia, 2018

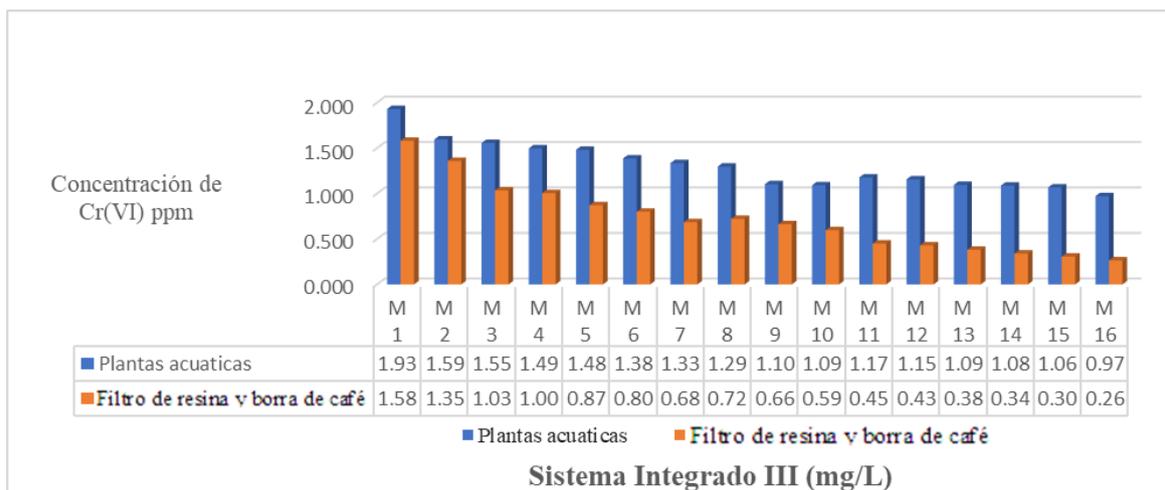


Figura 12. Sistema Integrado III

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se observó en la *Figura 12*, la remoción de Cr (VI) del segundo sistema integrado (*Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café) que tiene una concentración inicial de Cr (VI) de 2.6652 ppm, según los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado de las actividades de industria de curtiembre establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 ppm teniendo como excedente 2.6352 mg/L, así mismo se observa que el sistema integrado en la muestra 16 da como resultado 0.26 ppm de cromo hexavalente removiendo 2.4052 ppm de Cr(VI), así mismo este sistema integrado cuenta con 8 plantas acuáticas y menor tiempo de proceso de 7 minutos por los filtros.

**Resultados de la comparación de las 3 pozas de *Eichhornia crassipes* de cada Sistema Integrado en un tiempo de 16 días.**

Tabla 17. Comparación entre las tres pozas de cada sistema integrado

Sistemas Integrados			
Planta acuática	Cantidad de planta para cada poza de cada sistema integrado		
	Poza 1	Poza 2	Poza 3
<i>Eichhornia crassipes</i>	3 plantas	5 plantas	8 plantas

Fuente: Elaboración propia, 2018

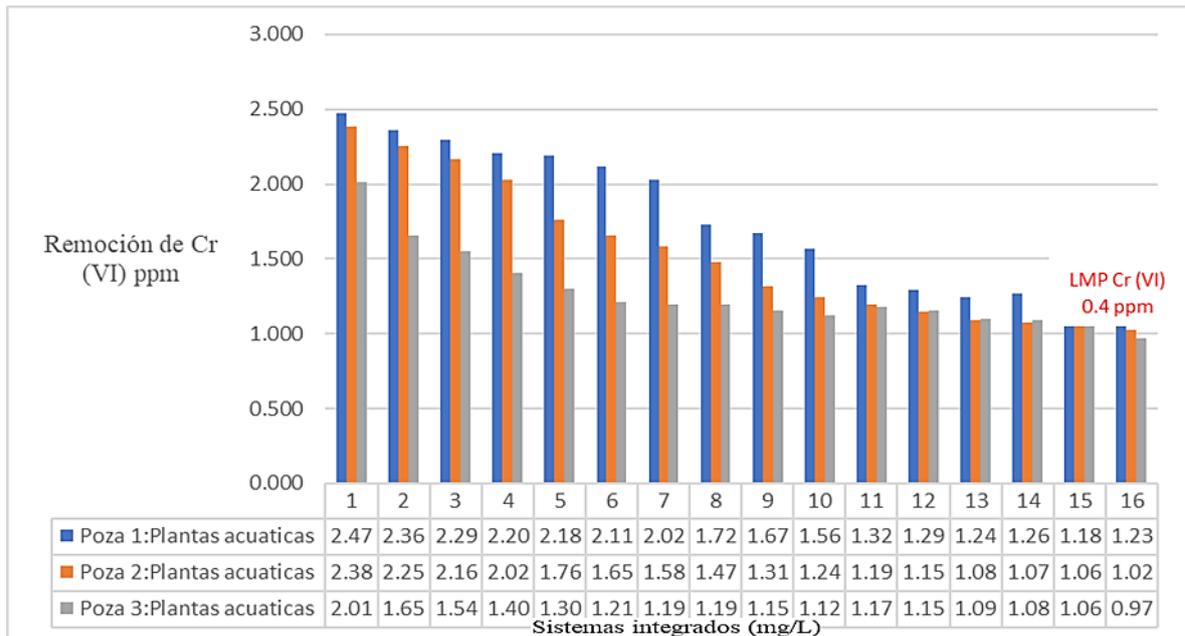


Figura 13. Comparación de cada poza de Eichhornia Crassipes

Fuente: Elaboración propia, 2018

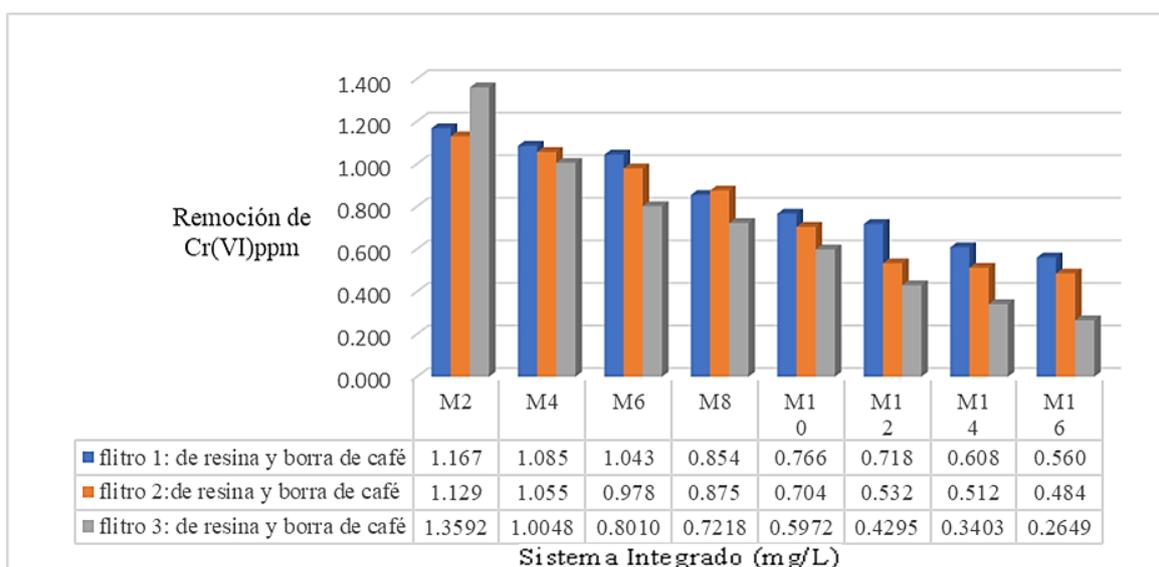
Se observó en la *Figura 13*, la comparación de cada sistema integrado por cada poza con diferentes cantidades de plantas acuáticas (*Eichhornia crassipes*) de 3-5-8 respectivamente, las cuales cumplen un rol importante en el proceso de absorción de cromo hexavalente antes de ingresar a los filtros, así mismo se aprecia que por cada poza tuvieron como resultado final de 1.23, 1.02 y 0.97 ppm respectivamente, una de las características en el proceso de remoción de la planta acuática las raíces porque ahí se genera el proceso de adsorción así mismo teniendo un porcentaje de adsorción en la primera poza de 53.76%, segunda poza 61.49% y 65.55% en la tercera poza.

**Resultado de la disminución de la concentración de cromo hexavalente de los 3 filtros de resina y borra de café de cada Sistema Integrado por tiempo de contacto e intervalo de 2 días.**

**Tabla 18.** Resultados de la concentración de cromo hexavalente en intervalo de 2 días y tiempo

<b>Filtro de resina y borra de café de cada sistema integrado</b>			
<b>Componente de cada filtro</b>	<b>Filtro 1</b>	<b>Filtro 2</b>	<b>Filtro 3</b>
	<b>Resina y borra de café</b>	<b>Resina y borra de café</b>	<b>Resina y borra de café</b>
Tiempo en minutos	15"	10"	7"

Fuente: Elaboración propia, 2018.



*Figura 14.* Remoción de Cr (VI) por intervalo de 2 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

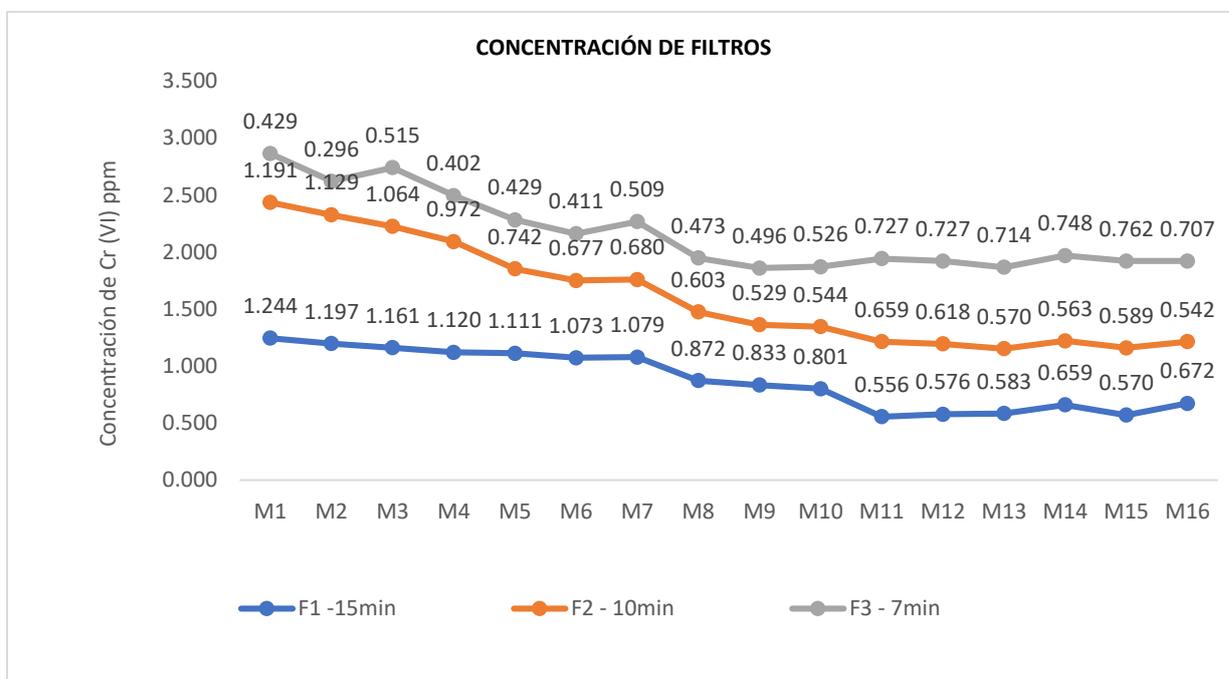
Se observa en la *Figura 14*, la disminución de la concentración de cromo hexavalente de los 3 filtros de resina y borra de café de cada Sistema Integrado por tiempo de proceso e intervalo de 2 días, cada sistema tuvo como tiempo de proceso 15-10-7 minutos respectivamente, así mismo teniendo como resultado final de proceso 0.560-0.484-0.249 ppm, la diferencia que se observa en la cantidad de planta que tiene cada poza, como también la capacidad de la resina a mayor intercambio iónico con el contaminante ,baja se capacidad de remover y encontrarse saturado.

**Resultado de la concentración de los filtros de resina y borra de café relacionado al tiempo.**

**Tabla 19.** Concentración de cromo hexavalente de los filtros de cada sistema integrado

Resultado final de la remoción de cromo hexavalente de cada sistema integrado			
Numero de sistemas	Sistema integrado 1	Sistema integrado 2	Sistema integrado 3
Composición de filtro	Resina y borra de café	Resina y borra de café	Resina y borra de café
Tiempo (minutos)	15 minutos	10 minutos	7 minutos

Fuente: Elaboración propia, 2018.



*Figura 15.* Concentración de filtros

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la *Figura 15*, se observó las concentraciones de cromo hexavalente durante el proceso de tratamiento de 16 días y los tiempos de proceso de 15-10-7 minutos respectivamente de filtro. Así mismo el filtro I en el primer día de tratamiento es 1.244 ppm, 1.191 ppm filtro II y 0.429 el filtro III. En el día 11 se observa que el filtro III tiene mayor concentración de 0.727 ppm, filtro II 0.57 ppm y filtro I 0.583, estos resultados se deben a el café y la resinan están por llegar a su capacidad de adsorber e intercambio iónico.es por eso que los resultados finales de cada filtro son 0.707ppm, 0.542 ppm y 0.672 ppm.

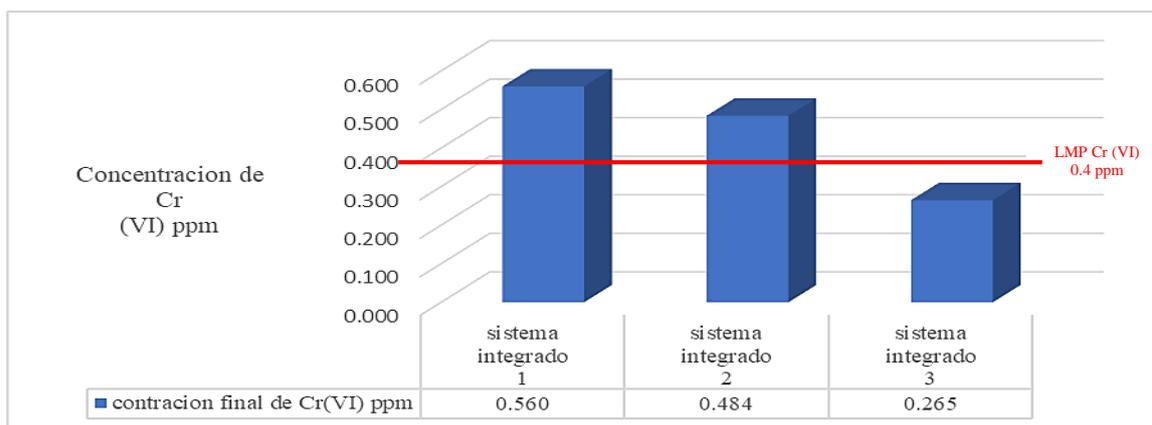
**Resultado final del tratamiento del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre.**

**Tabla 20.** Resultado de concentración final de cromo hexavalente de cada sistema integrado

<b>Resultado final de la remoción de cromo hexavalente de cada sistema integrado</b>			
<b>Numero de sistemas</b>	<b>Sistema integrado 1</b>	<b>Sistema integrado 2</b>	<b>Sistema integrado 3</b>
Composición de filtro	Resina y borra de café	Resina y borra de café	Resina y borra de café
Cantidad de <i>Eichhornia crassipes</i>	3 plantas	5 plantas	8 plantas
Concentración inicial de Cr (VI) ppm	2.6652 ppm	2.6652 ppm	2.6652 ppm
Concentración final de Cr (VI) ppm	0.560 ppm	0.484 ppm	0.265 ppm

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Figura 16.** Concentración final de Cr (VI) ppm



Fuente: Elaboración propia, 2018

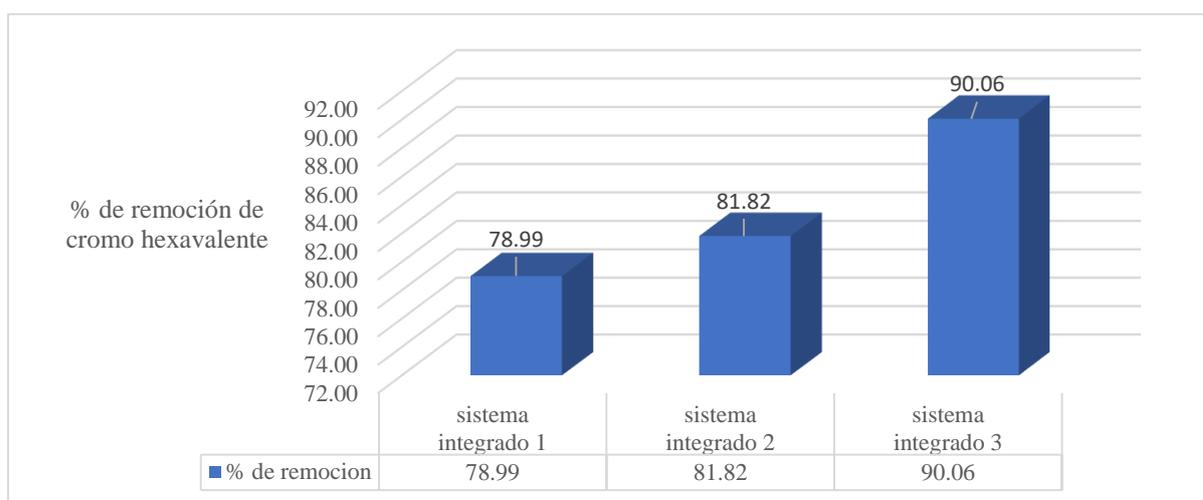
Se pudo observar en la *Figura 16*, las concentraciones finales de cada sistema integrado para poder determinar cuál removió más el cromo hexavalente del agua residual de curtiembre. Así mismo el sistema integrado 3 cuya característica son 8 plantas acuáticas y tiempo de proceso por los filtros fueron 7 minutos, esto quiere decir que el poder de remoción de la resina y borra de café no disminuye a comparación de los demás filtros de los demás sistemas integrados. Según el decreto supremo N° 003-2002 que regula el Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre es 0.4 ppm, por lo tanto el sistema integrado III cumpliría los LMP de efluentes para alcantarillado.

**Resultado del porcentaje de remoción de Cromo Hexavalente de cada tratamiento del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre.**

**Tabla 21.** Resultado del porcentaje de remoción de cada sistema integrado

Resultado final del porcentaje de remoción de cada sistema integrado			
Numero de sistemas	Sistema integrado 1	Sistema integrado 2	Sistema integrado 3
Composición de filtro	Resina y borra de café	Resina y borra de café	Resina y borra de café
Cantidad de <i>Eichhornia Crassipes</i>	3 plantas	5 plantas	8 plantas
Concentración inicial de Cr (VI) ppm	2.6652 ppm	2.6652 ppm	2.6652 ppm
Concentración final de Cr (VI)ppm	0.560 ppm	0.478 ppm	0.265 ppm
Porcentaje de remoción de Cr (VI) $\% \text{ Remoción} = \frac{Ci - Cf}{Ci}$	78.99%	81.82%	90.6%

Fuente: Elaboración propia, 2018



**Figura 17.** Remoción de Cromo Hexavalente de cada sistema

Fuente: Elaboración propia, 2018

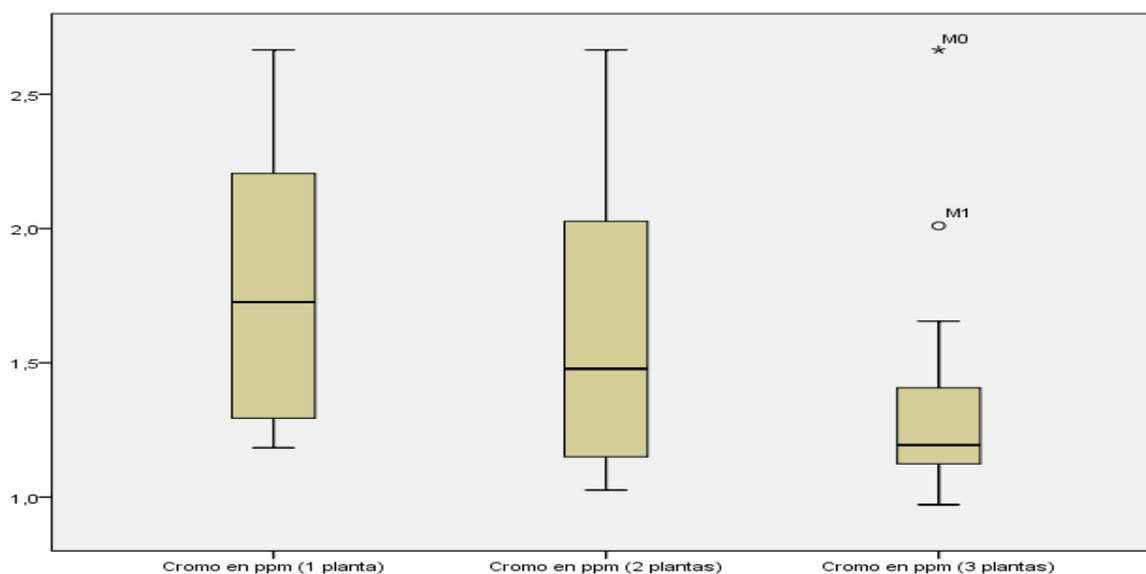
Se observó en la *Figura 17*, el porcentaje de remoción de cada sistema integrado son 78%, 81.82 %, 90.06% respectivamente, así mismo el tiempo de proceso del filtro de resina y borra de café es fundamental para remover el cromo hexavalente, ya que son complementos que interactúan con un determinado fin en el funcionamiento del sistema, por lo cual el sistema integrado 3 logra tener un porcentaje de remoción de cromo hexavalente de 90.06%

## Resultado de Prueba de normalidad

Remoción de Cromo Hexavalente entre pozas de cada sistema integrado

**Tabla 22.** Análisis estadístico de cada poza del sistema integrado

		Estadísticos		
		Poza I (3 plantas) Concentración de Cromo (VI)	Poza II (5 plantas) Concentración de Cromo (VI)	Poza III (8 plantas) Concentración de Cromo (VI)
N	Válido	17	17	17
	Perdidos	0	0	0
Media		1,81400	1,59706	1,35453
Mediana		1,72600	1,47800	1,19400
Moda		1,184 <sup>a</sup>	1,026 <sup>a</sup>	1,194
Desviación estándar		,504580	,527171	,424358
Varianza		,255	,278	,180
Percentiles	25	1,28050	1,11900	1,10950
	50	1,72600	1,47800	1,19400
	75	2,24900	2,09800	1,47800



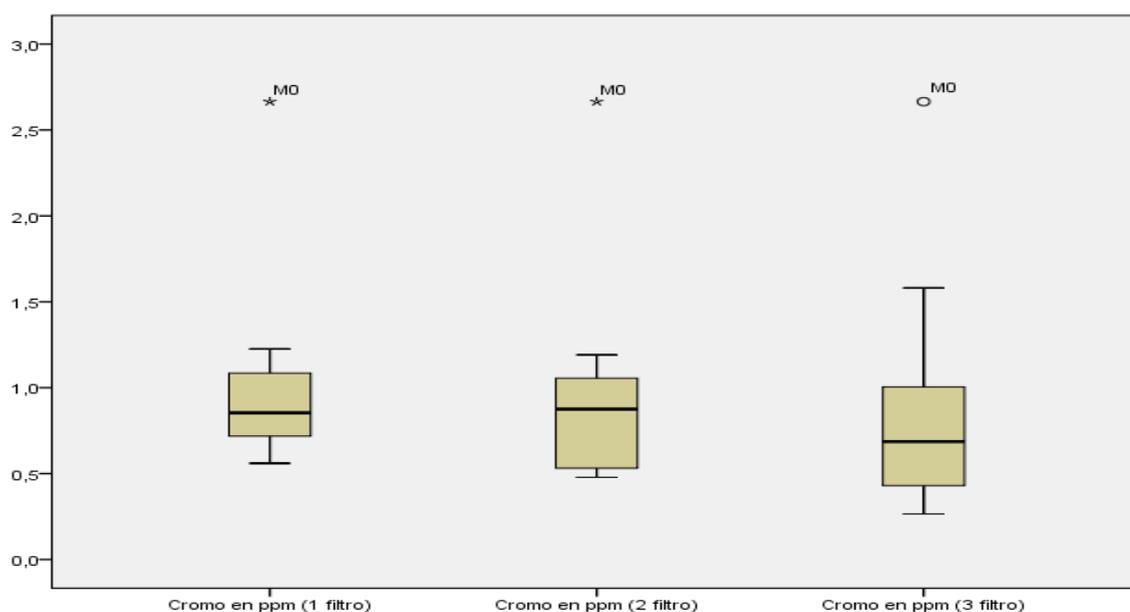
**Figura 18.** Diagrama de caja de bigote para la disminución de cromo hexavalente cada poza del sistema integrado.

Se observó en la *Figura 18*, la poza con mayor disminución de Cromo Hexavalente de agua residual es la poza III por la característica en tener 8 plantas *Eichhornia crassipes*, mientras que las demás pozas tienen: 3 plantas en la poza I y 5 plantas en la poza II.

## Remoción cromo de cada filtro del sistema integrado

**Tabla 23.** Análisis estadístico de cada filtro del sistema integrado

		Estadísticos		
		Sistema integrado adsorción 1 filtro	Sistema integrado adsorción 2 filtro	Sistema integrado adsorción 3 filtro
N	Válido	17	17	17
	Perdidos	0	0	0
Media		1,81400	,09959	,07624
Mediana		1,72600	,09500	,07800
Moda		1,184 <sup>a</sup>	,076	,029 <sup>a</sup>
Desviación estándar		,504580	,022274	,039038
Varianza		,255	,000	,002
Percentiles	25	1,28050	,08050	,03350
	50	1,72600	,09500	,07800
	75	2,24900	,11850	,11150



**Figura 19.** Diagrama de caja de bigote para la disminución de cromo hexavalente cada filtro del sistema integrado

Según la figura 21, muestra que el filtro I tiene mayor capacidad de remoción de Cromo Hexavalente del agua residual de curtumbre, ya que tiene un tiempo de proceso mayor a los demás filtros de 15 minutos.

## Análisis de varianza

En la Tabla 24, se muestran los análisis de varianza realizados para el sistema integrado, a fin de conocer el grado o nivel de remoción del cromo de las aguas residuales tratadas.

**Tabla 24.** Análisis de varianza de las plantas por día

ANOVA					
Índice de descontaminación de Cr (VI) por plantas/día					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,002	2	,001	,081	,923
Dentro de grupos	,666	45	,015		
Total	,669	47			

### a) Prueba de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La planta *Eichhornia crassipes* permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

**H<sub>1</sub>:** La planta *Eichhornia Crassipes* no permitirá la remoción de Cromo Hexavalente del agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

### b) Regla de decisión

sig.> 0,05. Aceptamos la H<sub>0</sub>:

### c) Resultado /discusión

P valor menor de 0,05 entonces aceptamos **H<sub>0</sub>**: La planta *Eichhornia crassipes* permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

**d)** La prueba que usamos es el ANOVA, ya que sirve para comparar diferentes grupos de manera cuantitativa, así mismo existe una diferencia significativa en los procesos de cada sistema ya que cuentan con diferentes cantidades de plantas en las 3 pozas:3-5-8 respectivamente, concluyendo que la poza III por tener mayor cantidad de planta tiene mayor adsorción de Cromo Hexavalente en agua residual de Curtiembre.

### Comparaciones múltiples

En la Tabla 25, se mostró los análisis de los procesos que conforman nuestro sistema integrado con el fin de detectar en cuál de ellos se obtiene el mayor nivel de remoción de Cromo hexavalente entre las 3 pozas.

**Tabla 25.** Análisis de comparación múltiple entre cada poza.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Índice de descontaminación de Cr (VI) por plantas/día						
HSD Tukey						
(I) GRUPO1	(J) GRUPO1	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adsorción de Cr (VI)/día de la poza I (3 plantas)	Adsorción de Cr/día con 5 plantas	-,013000	,043019	,951	-,11726	,09126
	Adsorción de Cr/día con 8 plantas	-,016375	,043019	,923	-,12064	,08789
Adsorción de Cr (VI)/día de la poza II(5plantas)	Adsorción de Cr/día con 3 planta	,013000	,043019	,951	-,09126	,11726
	Adsorción de Cr/día con 8 plantas	-,003375	,043019	,997	-,10764	,10089
Adsorción de Cr (VI)/día de la poza III (8 plantas)	Adsorción de Cr/día con 3 planta	,016375	,043019	,923	-,08789	,12064
	Adsorción de Cr/día con 5 plantas	,003375	,043019	,997	-,10089	,10764

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre las 3 pozas de *Eichhornia crassipes* de los sistemas integrados para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre -El Agustino 2018.

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre las 3 pozas de *Eichhornia crassipes* de los sistemas integrados para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre -El Agustino 2018.

**b) Regla de decisión**

sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>:

**c) Resultado /discusión**

Aceptamos la H<sub>1</sub>, entonces, Existe alguna significancia entre las 3 pozas de *Eichhornia crassipes* de los sistemas integrados para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre - El Agustino 2018.

**Tabla 26.** Análisis de descontaminación de Cr (VI) de plantas por días.

Índice de descontaminación de Cr(VI) por plantas/día		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
GRUPO1	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Adsorción de Cr (VI)/día con 3 plantas	16	,08950
Adsorción de Cr (VI)/día con 5 plantas	16	,10250
Adsorción de Cr (VI)/día con 8 plantas	16	,10587
Sig.		,923

La significancia entre los grupos para la remoción de cromo hexavalente por las plantas *Eichhornia crassipes* es mayor a 0.05, aceptamos la  $H_0$ : La planta *Eichhornia crassipes* permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado, así mismo el índice de mayor adsorción de cromo hexavalente es con 8 plantas de *Eichhornia crassipes*.

#### Análisis de varianza

En la Tabla 27, se muestran los análisis de varianza realizados para el sistema integrado, a fin de conocer el grado o nivel de remoción del cromo de las aguas residuales tratadas mediante los filtros de resina y borra de café por día.

**Tabla 27.** Análisis de la varianza de los filtros por día.

ANOVA					
Índice de descontaminación de Cr filtro/día					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,003	2	,001	,014	,986
Dentro de grupos	4,818	45	,107		
Total	4,821	47			

#### a) Prueba de hipótesis

**$H_0$ :** El filtro de resina y borra de café permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

**$H_1$ :** El filtro de resina y borra de café no permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

## b) Regla de decisión

sig.> 0,05. Aceptamos la  $H_0$

## c) Resultado /discusión

P valor menor de 0,05 entonces aceptamos  $H_0$ : La planta *Eichhornia crassipes* permitirá la remoción de Cromo Hexavalente de agua residual de curtiembre en el sistema integrado.

d) La prueba que usamos es el ANOVA, ya que sirve para comparar diferentes grupos de manera cuantitativa, así mismo existe una diferencia significativa en los procesos de cada sistema ya que cuentan con diferente tiempo de proceso en los filtros de 15-10-7 minutos cada uno, concluyendo que el filtro I por tener mayor tiempo de proceso su índice de adsorción de Cromo Hexavalente es mayor en agua residual de Curtiembre.

## Concentración final de cromo hexavalente por cada sistema integrado

Tabla 28. Disminución final de cada sistema

Índice de descontaminación de Cr (VI) filtro/día		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
GRUPO2	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por poza del sistema integrado I	16	,13163
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasas por la poza del sistema integrado II	16	,13638
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por la poza del sistema integrado III	16	,15012
Sig.		,986

## Comparaciones múltiples

En la Tabla 28, se mostraron los análisis de los procesos que conforman nuestro sistema integrado con el fin de detectar en cuál de ellos se obtiene el mayor nivel de remoción de Cromo hexavalente después del proceso.

**Tabla 29.** Comparación múltiple de los III sistemas integrados

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Índice de descontaminación de Cr (VI) filtro/día						
HSD Tukey						
(I) GRUPO2	(J) GRUPO2	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por poza del sistema integrado I	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasas por la poza del sistema integrado II	-,004750	,115681	,999	-,28512	,27562
	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por la poza del sistema integrado III	-,018500	,115681	,986	-,29887	,26187
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasas por la poza del sistema integrado II	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por poza del sistema integrado	,004750	,115681	,999	-,27562	,28512
	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por la poza del sistema integrado III	-,013750	,115681	,992	-,29412	,26662
Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por la poza del sistema integrado III	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasar por poza del sistema integrado I	,018500	,115681	,986	-,26187	,29887
	Adsorción de Cr (VI)/día del filtro después de pasas por la poza del sistema integrado II	,013750	,115681	,992	-,26662	,29412

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Si existe alguna significancia entre los sistemas integrados de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre - El Agustino 2018.

**H<sub>1</sub>:** NO Existe alguna significancia entre los sistemas integrados de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café para la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre -El Agustino 2018.

**b) Regla de decisión**

sig.  $<0,05$ . Rechazamos la  $H_0$ :

**c) Resultado /discusión**

Aceptamos la  $H_1$ , entonces, los sistemas integrados de *Eichhornia Crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Café permite la Remoción de Cr (VI) de Agua Residual de Curtiembre.

#### IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se obtuvo una concentración inicial de 2.6652 mg/L de Cromo Hexavalente en el agua residual de la industria de curtiembre, lo cual supera los límites máximos permisibles, donde se establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 mg/L habiendo una diferencia de 2.6352 mg/L de Cr (VI), Además se caracterizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto 1.653 mg/L, turbidez 497.33 NTU, conductividad 57.90 mS/cm, pH 3.7 y temperatura 23.6°C.

Para determinar el sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café que removi6 el Cr (VI) de las aguas residuales, se utiliz6 el m6todo colorim6trico obteniendo resultados de las concentraciones diarias y as6 determinar el porcentaje de remoci6n.

Asimismo, POMA, V. (2014), realizo su trabajo de investigaci6n Estudio de los par6metros fisicoqu6micos para la fitorremediaci6n de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), la caracter6stica de agua residual para que haya una 6ptima remoci6n debe estar entre un pH 8, as6 mismo estas condiciones contribuyen a un mejor funcionamiento del sistema integrado que se adecuo a lo mencionado en dicha investigaci6n.

Tambi6n, NUÑEZ, Jaider, COLPAS, Fredy y TARON, Arnulfo (2017), en su trabajo de investigaci6n Aprovechamiento de residuos matorrosos para la obtenci6n de resina de intercambio i6nico” hace menci6n que para que la resina tenga un 6ptima absorci6n, se tiene que caracterizar el agua residual y escoger que tipo de resina utilizar en el proceso ya sea una cati6nica, ani6nica, como tambi6n un resina b6sica y 6cidas, este 6ltimo depender6 de la caracter6stica de las aguas, as6 mismo en el desarrollo del proyecto se utiliz6 una resina mixta acida que puede trabajar con diferente tipo pH de agua residual.

A su vez, CARREÑO (2016), en su investigaci6n Diseo y evaluaci6n de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a trav6s de la *Eichhornia crassipes* tuvo como porcentaje de remoci6n de 60% en un periodo de 24 d6as por otro lado los resultados de la concentraci6n finales del sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, Filtro de Resina y Borra de Caf6 para la Remoci6n de Cr (VI) de Agua Residual se obtuvo 0.560-0.484-0.265 ppm respectivamente y su porcentaje de remoci6n es 78,99%, 81.82% y 90.06%, siendo el

sistema integrado III con mayor porcentaje de remoción ,esto se debe a sus características como la cantidad de plantas y el tiempo de proceso de cada filtro, cabe recalcar que ambos sistemas tuvieron 16 días de tratamiento para poder remover el cromo hexavalente.

SHINA Y MANIKADAN (2016), en su trabajo de investigación Eliminación continua de Cr (VI) de las aguas residuales mediante la Fitoextracción utilizando el sistema de humedales construidos de flujo superficial vertical de la planta Tradescantia Pallida, en su diseño tiene para la remoción de cromo hexavalente tiene un porcentaje de 86% en el sexto día de tratamiento esto debe a las características de cada componente para el diseño, mientras tanto el sistema integrado de esta investigación llega a un 90.06 % en el porcentaje de remoción de cromo hexavalente.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que en la investigación presente de Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre en distrito del Agustino tienen una concentración inicial de 2.6652 ppm de Cromo hexavalente según los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado de las actividades de industria de curtiembre establece que el máximo de Cr (VI) es 0.4 ppm, siendo un problema para los ecosistemas acuáticos.

El Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre tienen un porcentaje de remoción 78.99% en el sistema integrado I, 81.82% sistema integrado II, sistema integrado III 90.6%, por lo tanto, el sistema integrado III obtuvo mayor porcentaje de remoción, ya que su concentración final de cromo hexavalente es 0.2652 ppm cumpliendo los límites máximos permisibles que establece 0.4 de Cr (VI).

La caracterización de las aguas residuales es fundamental para la elaboración de sistema integrado, ya que permitirá dar las condiciones básicas para el jacinto de agua, así mismo escoger el tipo de resina para el tratamiento de remoción del Cr (VI), y asegurar el buen funcionamiento del sistema integrado.

Así mismo, se concluye que el tiempo de proceso de cada componente con el efluente es de gran importancia, en el caso del filtro de resina y borra de café, cada sistema tubo distinto tiempo de proceso, los cuales fueron 15 minutos para el filtro I, 10 minutos para el filtro II y 7 minutos para el filtro III minutos, por otro lado, la cantidad de Jacinto de agua en cada poza del sistema integrado influye en el proceso de remoción del cromo hexavalente del agua residual de curtiembre.

De igual modo, reducir el tiempo de proceso de remoción de cromo hexavalente se debe utilizar las características del sistema integrado III que tiene 8 *Eichhornia crassipes* y el tiempo de proceso del filtro del sistema integrado II que fue de 8 minutos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Caracterizar las aguas residuales para determinar que componente se adapta a las características determinadas y poder armar un buen sistema integrado que pueda ayudar a las industrias a la disminución del cromo hexavalente y otros metales, así mismo son tecnologías no convencionales y de bajo costo que permitirá el cuidado del ambiente.

Observar el Jacinto de agua mediante va pasando los días, ya que las hojas tienden a cambiar de color verde a un color marrón claro, este cambio de color no quiere decir que las plantas estén muertas y no remuevan el metal pesado (Cr (VI)), así mismo se debe aumentar las cantidades de jacinto de agua para un mayor funcionamiento del sistema integrado y mayor remoción y en menos tiempo de proceso.

Evaluar la resina al cambiar de color, lo cual indicara que está saturada y debe regenerar para mayor funcionamiento del sistema integrado, así mismo la borra de café debe ser lavada para disminuir el color oscuro del agua hasta un color más claro.

Mejorar el prototipo para la remoción de cromo sea más eficiente y poder reducir los días de tratamiento. Así mismo ver otros componentes que mejoren el proceso ya que es una tecnología de bajo costo y no convencional, así mismo calcular el caudal del agua que sale de las pozas a los filtros. También recomienda probar el sistema integrado para la remoción de otros metales y otros parámetros fisicoquímicos

## REFERENCIAS

- ANGARITA, Fernando. Borro de café como material adsorbente para la remoción de cromo (III). Tesis de Grado (Ingeniero Ambiental). Bogotá, Colombia. Universidad Libre Sede Bogotá, Facultad de Ingeniería Ambiental. 2013.
- AGUIRRE.T. Evaluación de la calidad de agua del rio negro en la provincia de Padre Abad, Aguaytía. Tingó María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad De Recursos Naturales Renovables. 2014.
- CARREÑO, Fernando. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Colombia. 2016. 81p. ISSN electrónico 1909-8758
- CHAVEZ. Álvaro. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de las industrias de curtiembre y posibles formas de removerlo. Medellín. Colombia. Universidad de Medellín. 2010.
- GARAY, Manuel. Biosistema para purificar aguas residuales del beneficio húmedo del café del distrito la coipa en la región Cajamarca. Trujillo, Perú. Universidad de Trujillo. 2014.
- GARCÍA, Joan y CORZO Angelica. Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya. 2008.
- GARCIA, Alma. Elaboración de una biorresina intercambiadora de cationes a partir de cascara de plátano o guineo para eliminar metales pesados en agua contaminada. Escuela especializada en ingeniería itca-fepade dirección de investigación y proyección social santa tecla, la libertad, el salvador, centro américo. El Salvador. 2016. 52p. ISBN: 978-99961-50-33-3.
- GARCIA, Fabiola. Remoción de Cromo Hexavalente utilizando un sistema de filtración con  $\alpha$ -alúmina. Tesis para optar el Grado de Maestra en Ciencias Naturales en la Universidad Autónoma de México en la facultad de Química. 2014.
- FABIAN, Oscar y FLORES, Carlos. Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo (Cr) generado en las industrias del curtido de cueros. Medellín, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira, 2009. 53p. ISSN 0012-7353
- HUERTA, Claudia, Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de citrus sinensis (naranja), citrus limonium (limón) y opuntia ficus (palmeta de nopal). Tesis de

- grado (Ingeniera Química). Lima. Perú. Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de Química. 2013.
- HURTADO, José. Eficiencia de la zeolita y la cascara de plátano para reducir metales pesados en las aguas del río Rímac en el K.M. 80 de la Carretera Central en el Distrito de San Mateo en Huarochirí. Tesis de grado (Ingeniero Ambiental). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Ambiental. 2016. 89p.
- HUAMANI, Pedro. Gestión por competencias y productividad Laboral en empresas del sector confección de calzado de Lima Metropolitana. Tesis para optar el grado académico de Doctor en ciencias administrativas. Lima, Perú. Universidad Mayor de San Marcos. 2012.
- LAGOS, Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre. Tesis de grado (Ingeniera Química). Lima, Perú. Universidad Pontificia Católica del Perú. Facultad de Ingeniería Química. 2016.75p.
- NUÑEZ J, COLPAS F y TARON A. Exploitation of waste woody for obtaining ion exchange resins, Cartagena, Colombia. Universidad de Cartagena. 2016.
- OMS [Organización Mundial de la Salud]. Guías para la calidad del agua potable. Ginebra, Suiza. 2006. 408 p. ISBN: 9241546964
- Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Aguas residuales. Lima. Perú. 2014.
- POMA, Valeria. Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Lima, Perú. Universidad Nacional Ingeniera. 2014.
- RAMIREZ, Ángel Evaluación del Proceso de Biosorción de la Inflorescencia del *Chenopodium Quinoa* (Quinoa) para la Remoción de Cromo (VI). Universidad Católica de Santa María. 2018. 110p.
- RIGOLA, Miguel. Tratamiento de aguas residuales: aguas de proceso y residuales. Bogotá. Colombia, 1990. 24p. ISB:84-267-0740-8
- SHINA, Vidha. Y MANIKADAN, Arul. Eliminación continúa de Cr (VI) de las aguas residuales mediante la Fitoextracción utilizando el sistema de humedales construidos de flujo superficial vertical de la planta *Tradescantia Pallida*. 2018.
- SIERRA, Carlos. Calidad del agua (evaluación y diagnostico). Medellín, Colombia. Universidad de Medellín. 2011. ISBN: 978-958-8692-06-7.
- SPELLMAN, Frank. Manual del agua potable. España. 2004. 133p-135p

- TELLEZ Jairo y CARVAJAL Roxs. Aspectos Toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembre. 2004.
- VALENCIA Eduardo y SILVA Ivonne. Sustainable Integrated Systems Decentralized for the Treatment of Residual Waters Domiciliary. Bogotá, Colombia. Facultad de Ingeniería, Universidad Sur colombiana. 2010. p.66.
- YOBERA, Denis. “Eficiencia de las plantas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para la remoción de cadmio de las aguas del río Surco. 2016.

# ANEXO

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas		Hipótesis	Objetivos	Variable		Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida
GENERAL	¿Cómo el sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café removerá el Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre -El Agustino 2018?	H1: El sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café permitirá remover el Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre.	Determinar la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre mediante el sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café.	Independiente	Sistema Integrado	Característica del sistema integrado de Eichhornia crassipes y resina y borra de café	Cantidad de Eichhornia crassipes	Razón
							Volumen de resina	Razón
							Volumen de borra de café	Razón
							Tamaño del Sistema integrado	Razón
							Tiempo de proceso	Minutos
ESPECÍFICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son las características físicas – químicas del agua residual de curtiembre?</li> <li>¿Cuáles son las características del sistema integrado Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre?</li> <li>¿Cuál es la capacidad de remoción de Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre a través del sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>H<sub>1</sub>: Las características físicas-químicas del agua residual de curtiembre, presentan niveles de contaminación de cromo (VI).</li> <li>H<sub>1</sub>: Las características del sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre es el más adecuado.</li> <li>H<sub>1</sub>: El sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café permite reducir Cr (VI) de las aguas residuales de curtiembre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar características físicas – químicas del agua residual de curtiembre.</li> <li>Determinar las características del sistema integrado de la Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de agua residual de curtiembre.</li> <li>Determinar la capacidad de remoción de Cr (VI) del agua residual de curtiembre a través del sistema integrado a base de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café.</li> </ul>	Dependiente	Remoción de Cr (VI) de aguas residuales curtiembre	Características físicas-químicas del agua residual	Ph	1-14
							Concentración Cr (VI)	ppm
							Oxígeno disuelto	mg/L
							Temperatura	C°
							Turbidez	NTU
							Conductividad	mS/cm
						Nivel de remoción de Cr (VI)	$\% \text{Remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i}$	%

**Anexo 2. Cadena de custodia para muestreo de agua residual de curtiembre**

Proyecto: ..... Fecha..... Hora: Clima:

Nombre del muestreador: ..... Lugar:

NUMERO DE MUESTRAS	FECHA Y HORA DE EXTRACCIÓN DE LA MUESTREO	Medio			Parámetros						COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES DE CAMPO
		Agua	Suelo	Aire	Fisicoquímicos			Metales	Norte	Sur			
					pH	Oxigeno Disuelto	temperatura	turbidez			Conductividad	Cromo hexavalente	
1													
2													

Lima, ..... de ..... Del 201...

\_\_\_\_\_  
Firma del responsable

**Anexo 3. Concentración de Cromo Hexavalente de los filtros cada dos días.**

Realizado por: .....

N°	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Filtro 1: Resina y Borra de café							Filtro 2: Resina y Borra de café							Filtro 3: Resina y Borra de café							
			Día de toma de muestreo							Día de toma de muestreo							Día de toma de muestreo							
			D2	D4	D6	D10	D12	D14	D16	D2	D4	D6	D8	D10	D12	D16	D2	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16
1	Resina -borra de café	Ppm																						
2	Resina -borra de café	Ppm																						
3	Resina -borra de café	Ppm																						

**Anexo 4. cuadro de resultados de la concentración de Cromo Hexavalente durante los 16 días de monitoreo de las pozas del sistema integrado**

Realizado por: .....

N°	Poza	Numero de planta	Concentración de cromo hexavalente	DÍAS DE MUESTREO DE CADA DE POZA DEL SISTEMA INTEGRADO																			
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16				
1	Poza 1	3 <i>Eichhornia crassipes</i>	ppm																				
2	Poza 2	5 <i>Eichhornia crassipes</i>	ppm																				
	Poza 3	8 <i>Eichhornia crassipes</i>	ppm																				

**Anexo 5. cuadro de resultados de la concentración de cromo hexavalente durante los 16 días de monitoreo de los filtros de resina y borra de café del sistema integrado.**

Realizado por: .....

N°	Filtros	Componentes	Concentración de cromo hexavalente	DÍAS DE MUESTREO DE CADA DE POZA DEL SISTEMA INTEGRADO															
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
1	Filtro 1	Resina -borra de café	ppm																
2	Filtro 2	Resina -borra de café	ppm																
3	Filtro 3	Resina -borra de café	ppm																

**Anexo 6. ficha de característica para la borra de café**

Borra de café				
ítems	Diámetro (mm)	Masa (g)	Volumen (L)	Tiempo proceso

**Anexo 7. ficha de característica para la *Eichhornia crassipes***

<i>Eichhornia crassipes</i>						
ítems	Familia	Nombre común	tamaño (cm)	peso (g)	Tamaño de la raíz	desarrollo de la planta

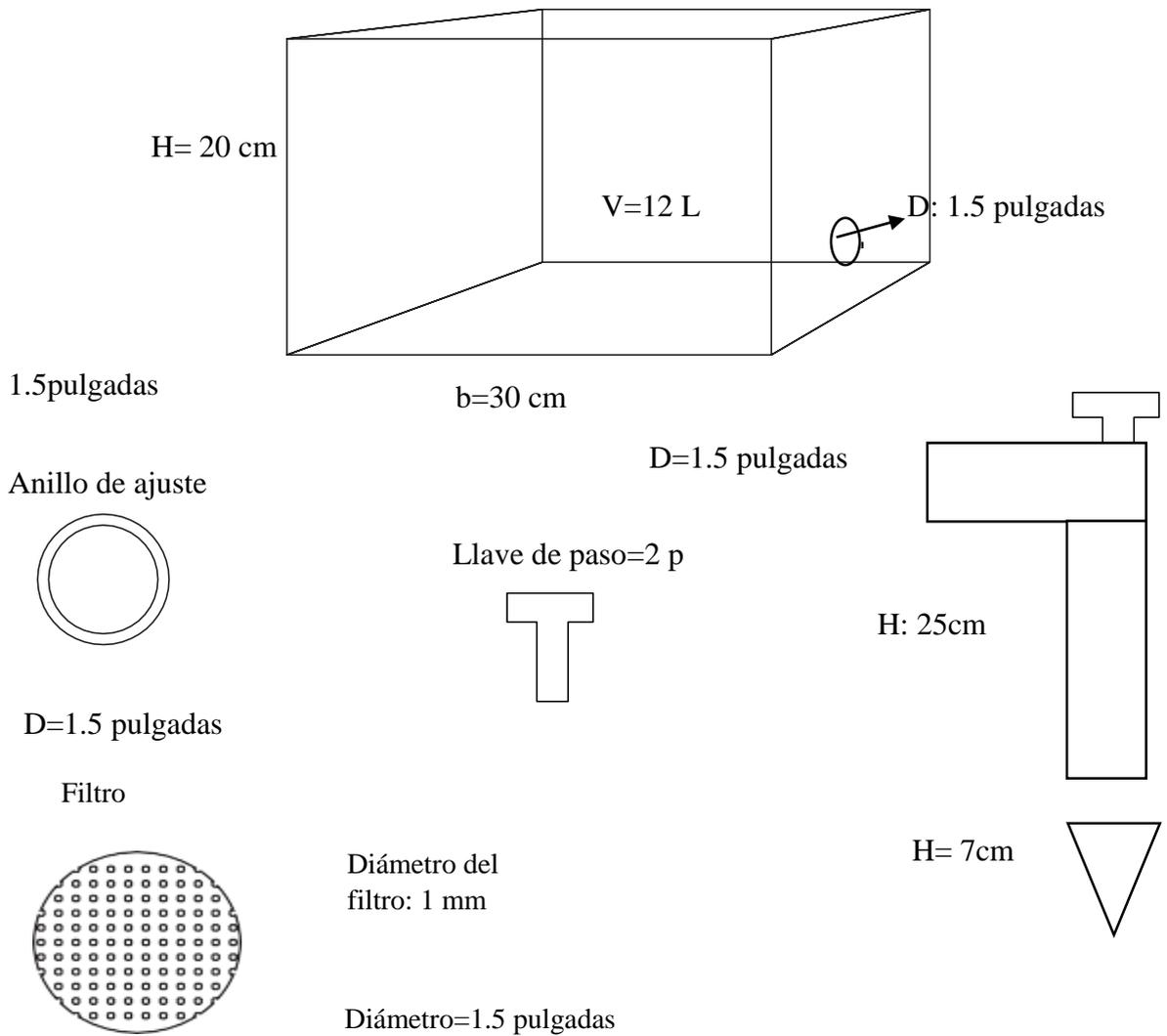
**Anexo 8. ficha de nivel de remoción de cada sistema integrado**

N°	Sistema integrado	Concentración inicial Cr (VI)	Concentración final Cr (VI)	Nivel de remoción Cr (VI)
1	Sistema integrado 1			
2	Sistema integrado 2			
3	Sistema integrado 2			

## Anexo 9. Piloto para la remoción de cromo hexavalente de agua residual curtiembre



### Dimensiones:



## **Anexo 10. Lista de materiales y reactivos para la caracterización de la borra de café**

### **Materiales:**

- Peachimetro
- Probeta
- Baso precipitado
- Balanza
- Baso precipitado de 500ml
- Agua destilada
- Pizeta
- Luna d reloj
- Tamiz

### **Reactivos:**

Hidróxido de sodio (NaOH)

## Anexo 11. Caracterización de la borra de café

### PROCEDIMIENTO

#### 1. Peso de la borra de café

Peso inicial de la borra de café: 981g



Figura 16: peso inicial de la borra de café

#### 2. Determinación de pH inicial

- Se pesó de la luna de reloj: 39.34 g
- Peso de muestra de borra de café: 10.01g
- Peso del baso precipitado 101.41 g
- Se mezcló con 100 ml de agua para determinar el pH de la borra de café con el peachimetro pH inicial: 5.6

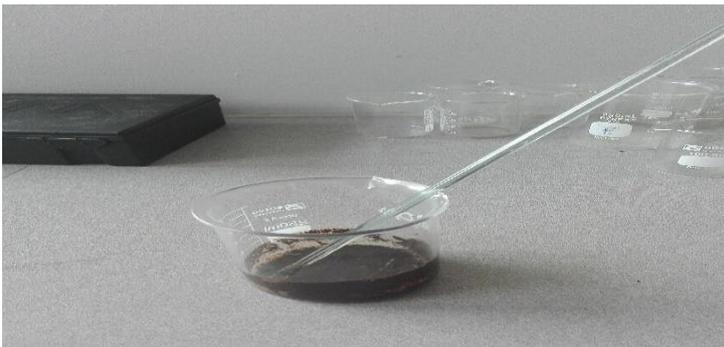


Figura 17: Mezcla de borra de café y agua destilada para determinar el pH inicial.

### 3. Determinación de la concentración de hidróxido de sodio (NaOH) para pasar de pH 5.6 al pH Básico en promedio de 8

- Peso del hidróxido de sodio: 4.01g
- Volumen de agua: 60 ml
- Hallando la Molaridad del hidróxido de sodio:

$$\frac{4,01 \text{ g}}{40 \text{ g}} = \frac{0.1}{0.06} = 1.66\text{M}$$

Peso de NaOH: 4.01

Peso molecular NaOH: 40

Volumen de agua: 60 ml

Concentración: 0,1M

#### Tabla de dosificación de NaOH hasta obtener pH 8

pH Inicial :5.6	V(ml)
5.8	10 ml
6.2	10 ml
6.7	10 ml
7.1	10 ml
7.5	10 ml
8.2	10 ml

#### 4. Neutralización a pH básico: volumen de la concertación fue 60 ml

Se le añadió de forma secuencial 10 ml y se determinó el pH



Figura 18: determinación de pH.



Figura 19: determinación de pH.

- Se dejó secar la borra de café en temperatura ambiente.
- Se tamizó la borra de café con número de 850 um y se determinó el peso final.
- Verificación de pH final después del secado.
- Numero de tamiz: 850 um.
- Peso final: 85.78 g.
- pH final :8.2



Figura 20: tamizado



Figura 21: pH final

- Se reguló el pH del agua de ácido a básico para las condiciones básicas del *Eichhornia Crassipes*, se utilizó Hidróxido de sodio (NaOH) 200 mL al 10%.

## **Anexo 12. Lista de Materiales, reactivos y equipo para la determinación de Cromo Hexavalente-método colorimétrico**

### **Materiales:**

8 fioles de 100 mL

2 vasos precipitados

Balanza analítica

Pipeta

### **Reactivos:**

Definilcarbazida

Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Acetona

Dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )

### **Equipo:**

Espectrómetro UV

### Anexo 13. Determinación de la curva de calibración

#### I. Reactivo

1. Preparación de patrón de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )

Disolver 141.4mg de  $K_2Cr_2O_7$  en 100 mL de agua que equivale a 500 mg/L de  $Cr^{+6}$

2. Preparación del reactivo definilcarbazida

Disolver 125 mg de Difenilcarbazida en 25 mL de Acetona

#### II. Procedimiento experimental

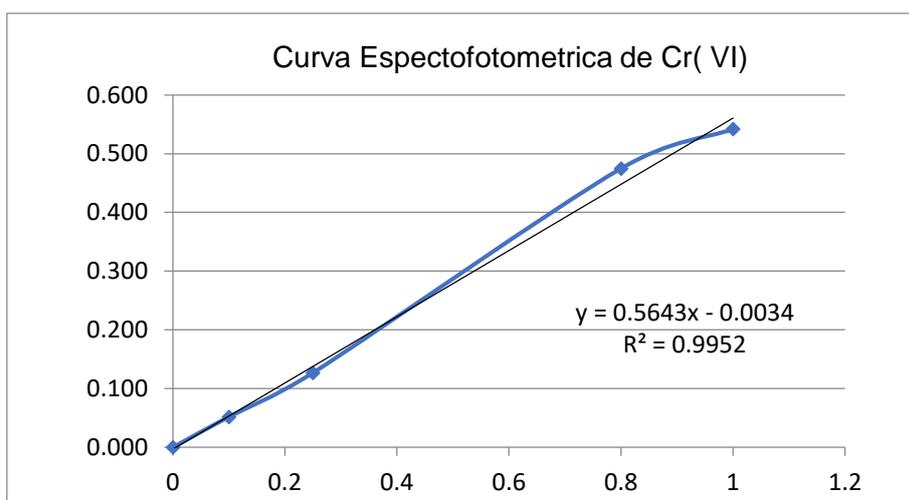
1. A los patrones de las siguientes concentraciones 1ppm,0.8ppm,0.3ppm,0.1ppm en un volumen de 100mL.se le adiciona una gota de  $H_2SO_4$  (pH aproximado a 2) más 2mL de definilcarbazida y se agita. trascurrido 30 minutos y se lee a  $\lambda=540nm$ .

#### III. Resultados de la absorbancia

Lectura del espectrómetro con relación al tiempo

Concentración (ppm)	Absorbancia a 30"
Bk	0.004
0.1ppm	0.058
0.25ppm	0.0134
0.8ppm	0.483
1ppm	0.550

2. Curva de calibración para determinar Cromo Hexavalente



Y: Absorbancia X: Concentración(ppm)

$Cr\ VI = ((Abs+0.0034) / 0.5643) \times 100 / Vol\ muestra$

#### IV. Verificación con de la curva de calibración relación al tiempo.

Concentración (ppm)	15 minutos	30 minutos	45 minutos	1 Hora	1:30''
BK	0.000	0.004	0.009	0.010	0.011
0.1 ppm	0.017	0.058	0.0061	0.062	0.065
0.25ppm	0.043	0.0134	0.136	0.137	0.139
0.8ppm	0.154	0.483	0.484	0.485	0.485
1ppm	0.176	0.550	0.550	0.552	0.551

#### V. Determinación de Cromo Hexavalente en agua residual de curtiembre

Muestra :250 mL

Muestra utilizada :60 mL

##### Caracterización del agua residual

Para la determinación de Cr<sup>+6</sup> de aguas residual de curtiembre primero se le añadió hidróxido de sodio (NaOH) a 10% para que precipite la muestra, así mismo llevarlo de pH 3.5 a 10, Luego de 20 minutos la muestra es colocado en tubos para centrifugar por un tiempo de 10 minutos y 4500 revoluciones

Dosificación de NaOH	pH inicial:3.7
1mL	5.33
1mL	7.66
1mL	9.244
1mL	10.21



Se permite la separación de Cr (III) del Cr (VI) el cual no precipita en condiciones básicas

- La muestra es colocada en un Vaso precipitado para llevar la muestra de pH 10.21 a 2.5, luego se toma 10 ml de muestra en volumen de 100mL, se le añade 2mL de Definilcarbazida.
- Así mismo se preparó una muestra de Blanco más 1 gota de (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y en otra fiola 7 mL de agua residual (muestra de color)

Muestra inicial	Abs	Abs Corregida	Volumen Muestra	Cr VI ppm
Bk	0.003	0		
M1	0.150	0.147	10	2.6652

Por lo tanto, la [ Cr (VI)] inicial es de 2.67 ppm

**Anexo 14. Elaboración de la nueva curva de calibración en otro equipo de espectrometría -UV en el laboratorio de Biotecnología de la universidad César Vallejo Lima - Este**

**I. Procedimiento experimental**

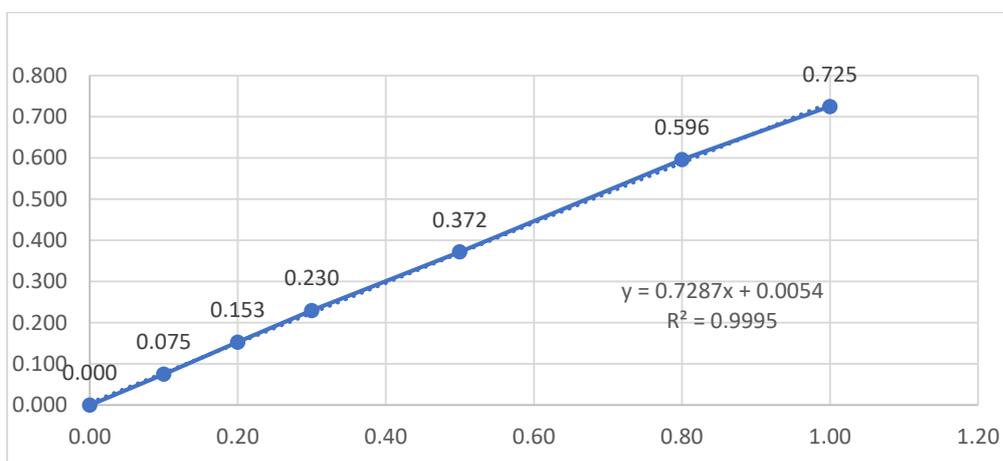
A los patrones de las siguientes concentraciones 1ppm,0.8ppm,0.3ppm, 0.2 ppm 0.1ppm,0.5ppm en un volumen de 100mL.se le adiciona una gota de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH aproximado a 2) más 2mL de definilcarbazida y se agita. trascurrido 30 minutos y se lee a λ=540nm.

Modelo del Equipo: Genesys 10S UV- visible

**Resultados de la absorbancia**

Cr (VI) ppm	Absorbancia
0.00	0.000
0.10	0.075
0.20	0.153
0.30	0.230
0.50	0.372
0.80	0.596
1.00	0.725

**Curva de calibración para cromo hexavalente**



Y: Absorbancia    X: Concentración(ppm)

Cr (VI) ppm= ((Absorbancia- Blanco)- 0.0054) /0.7287 x 100/Vol. Muestra

**Anexo 15: Resultados del primer Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre.**

Muestra	Absorbancia	Sistema integrado 1 poza 1 <i>Eichhornia crassipes</i>		Cr VI ppm	Fecha
		Abs Corregida	Volumen Muestra		
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.147	0.136	10	2.470	22/10/2018
M2	0.145	0.130	10	2.364	23/10/2018
M3	0.142	0.126	10	2.293	24/10/2018
M4	0.139	0.121	10	2.205	25/10/2018
M5	0.135	0.120	10	2.187	26/10/2018
M6	0.130	0.116	10	2.116	27/10/2018
M7	0.125	0.111	10	2.027	28/10/2018
M8	0.120	0.094	10	1.726	29/10/2018
M9	0.117	0.091	10	1.673	30/10/2018
M10	0.113	0.085	10	1.567	31/10/2018
M11	0.311	0.198	20.	1.322	1/11/2018
M12	0.307	0.194	20.	1.294	2/11/2018
M13	0.300	0.187	20.	1.246	3/11/2018
M14	0.490	0.190	20.	1.267	4/11/2018
M15	0.291	0.178	20.	1.184	5/11/2018
M16	0.298	0.185	20.	1.232	6/11/2018

Muestra	Absorbancia	Sistema integrado 1: filtro resina y borra de café		Cr (VI) ppm	Fecha
		Abs Corregida	Volumen de Muestra		
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.138	0.135	20	1.226	22/10/2018
M2	0.132	0.128	20	1.167	23/10/2018
M3	0.127	0.124	20	1.132	24/10/2018
M4	0.124	0.119	20	1.085	25/10/2018
M5	0.120	0.118	20	1.076	26/10/2018
M6	0.117	0.114	20	1.043	27/10/2018
M7	0.107	0.104	20	0.949	28/10/2018
M8	0.095	0.093	20	0.854	29/10/2018
M9	0.094	0.091	20	0.839	30/10/2018
M10	0.087	0.083	20	0.766	31/10/2018
M11	0.121	0.117	20	0.766	1/11/2018
M12	0.112	0.110	20	0.718	2/11/2018
M13	0.110	0.102	20	0.663	3/11/2018
M14	0.990	0.094	20	0.608	4/11/2018
M15	0.100	0.095	20	0.615	5/11/2018
M16	0.088	0.087	20.	0.560	6/11/2018

**Anexo 16: Resultados del segundo Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre.**

Muestra	Absorbancia	Sistema integrado 2 planta poza 1 <i>Eichhornia crassipes</i>		Cr VI ppm	Fecha
		Absorbancia Corregida	Volumen Muestra		
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.144	0.131	10	2.382	22/10/2018
M2	0.142	0.124	10	2.258	23/10/2018
M3	0.138	0.119	10	2.169	24/10/2018
M4	0.136	0.111	10	2.027	25/10/2018
M5	0.130	0.096	10	1.761	26/10/2018
M6	0.127	0.090	10	1.655	27/10/2018
M7	0.125	0.086	10	1.584	28/10/2018
M8	0.122	0.080	10	1.478	29/10/2018
M9	0.115	0.071	10	1.318	30/10/2018
M10	0.108	0.067	10	1.248	31/10/2018
M11	0.288	0.18	20	1.198	1/11/2018
M12	0.281	0.173	20	1.150	2/11/2018
M13	0.272	0.164	20	1.088	3/11/2018
M14	0.270	0.162	20	1.075	4/11/2018
M15	0.269	0.161	20	1.068	5/11/2018
M16	0.263	0.155	20	1.026	6/11/2018

Muestra	Absorbancia	Sistema integrado 2 filtro resina y borra de café		Cr (VI) ppm	Fecha
		Abs Corregido	Volumen de Muestra		
M0	0.15	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.134	0.131	20	1.191	22/10/2018
M2	0.128	0.124	20	1.129	23/10/2018
M3	0.124	0.121	20	1.105	24/10/2018
M4	0.121	0.116	20	1.055	25/10/2018
M5	0.114	0.112	20	1.020	26/10/2018
M6	0.110	0.107	20	0.978	27/10/2018
M7	0.102	0.099	20	0.904	28/10/2018
M8	0.097	0.095	20	0.875	29/10/2018
M9	0.089	0.086	20	0.789	30/10/2018
M10	0.080	0.076	20	0.704	31/10/2018
M11	0.089	0.084	20	0.539	1/11/2018
M12	0.085	0.083	20	0.532	2/11/2018
M13	0.083	0.081	20	0.519	3/11/2018
M14	0.085	0.080	20	0.512	4/11/2018
M15	0.078	0.075	20	0.478	5/11/2018
M16	0.080	0.076	20	0.484	6/11/2018

**Anexo 17: Resultados del tercer Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre.**

Muestra	Absorbancia	Sistema integrado 3-planta poza 1 <i>Eichhornia crassipes</i>		Cr (VI) ppm	Fecha
		Absorbancia Corregida	Volumen de Muestra		
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.162	0.160	10	2.0096	22/10/2018
M2	0.136	0.132	10	1.6551	23/10/2018
M3	0.131	0.128	10	1.5488	24/10/2018
M4	0.128	0.123	10	1.4071	25/10/2018
M5	0.124	0.122	10	1.3007	26/10/2018
M6	0.117	0.114	10	1.2121	27/10/2018
M7	0.113	0.1097	10	1.1944	28/10/2018
M8	0.108	0.106	10	1.1944	29/10/2018
M9	0.094	0.090	10	1.1590	30/10/2018
M10	0.094	0.089	10	1.1235	31/10/2018
M11	0.18	0.177	20	1.1774	1/11/2018
M12	0.118	0.174	20	1.1569	2/11/2018
M13	0.168	0.165	20	1.0951	3/11/2018
M14	0.167	0.164	20	1.0882	4/11/2018
M15	0.255	0.161	20	1.0677	5/11/2018
M16	0.241	0.147	20	0.9716	6/11/2018

Muestra	Absorbancia	sistema integrado 3-resina y borra de café		Cr (VI) ppm	Fecha
		Absorbancia Corregida	Volumen de Muestra		
M0	0.15	0.147	10	2.665249	Dato inicial
M1	0.130	0.127	20	1.581	22/10/2018
M2	0.122	0.118	20	1.359	23/10/2018
M3	0.116	0.113	20	1.034	24/10/2018
M4	0.115	0.110	20	1.005	25/10/2018
M5	0.100	0.098	20	0.872	26/10/2018
M6	0.093	0.090	20	0.801	27/10/2018
M7	0.088	0.085	20	0.686	28/10/2018
M8	0.080	0.078	20	0.722	29/10/2018
M9	0.074	0.071	20	0.663	30/10/2018
M10	0.069	0.066	20	0.597	31/10/2018
M11	0.038	0.036	20	0.450	1/11/2018
M12	0.042	0.034	20	0.430	2/11/2018
M13	0.035	0.033	20	0.382	3/11/2018
M14	0.030	0.029	20	0.340	4/11/2018
M15	0.039	0.031	20	0.306	5/11/2018
M16	0.031	0.030	20	0.265	6/11/2018

### Resultados de las características de la borra de café

<b>Borra de café</b>			
pH	Diámetro (mm)	Densidad (gr/l)	Masa (g)
8.2	580 um	1.8 gr/L	857.8 g

Según las características de la borra de café, considerándose entre sus principales propiedades rango de pH, diámetro, densidad, tiempo de proceso que serán importantes para el desarrollo de la presente investigación.

### Resultados de las características de la borra de café

<b><i>Eichhornia crassipes</i></b>					
Familia	Nombre común	tamaño (cm)	peso (g)	Tamaño de la raíz	pH de la planta
Pontederiaceae -Macrófitas	Jacinto de agua	15 cm	180 g	12 cm	5-7

Según las características de *Eichhornia crassipes* considerándose entre sus principales propiedades rango de pH, peso, tamaño de raíz, tiempo de proceso que serán importantes para el desarrollo de la presente investigación

**Anexo 14. fotos de toma de muestra**



Agua residual de industria de curtido



Toma de muestra de agua residual



Zona de ubicación de las industrias de curtido en el distrito del Agustino



Descarga del agua residual de la industria de curtiembre



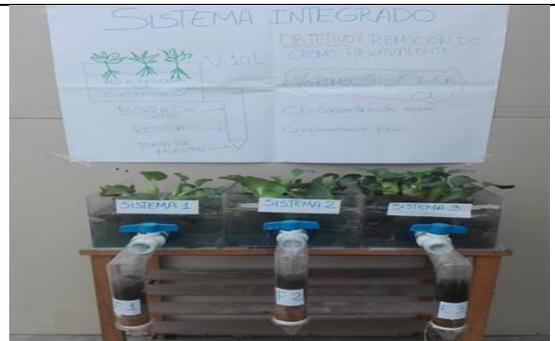
Filtros de tubo de acrílico



Pozo y llave de paso



Armado completo del piloto



Pozo con *Eichhornia crassipes*



Cambio de *Eichhornia crassipes* durante el proceso de remoción de cromo hexavalente



Reducción de pH de la muestra y lectura de la muestra en el espectrómetro UV



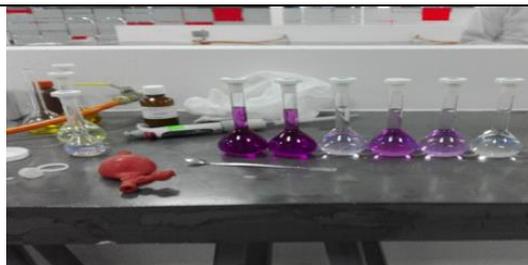
Lectura de absorbancia para determinar la concentración de Cr+6 en el espectrómetro-UV según el método colorimétrico de la Definilcarbazida



Resina Amberlite IR -120



Tamizado de borra de café



Preparación de patrones de dicromato de potasio para la elaboración de la curva de calibración según el método colorimétrico.

# Anexo 15. Hoja de validación instrumento 1 – Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio



## INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Especialidad del validador: ESPECIALISTA EN MEDIO AMBIENTE  
 1.4. Nombre del instrumento: CADENA DE CUESTIONARIOS PARA LA ASERVA- PERIÓDICA CONCERNIENDO DE CR  
 1.5. Título de la Investigación: SIST. INTEGRADO DE E.I. INFORME, CUESTIONARIOS, FILMO DE RESUMEN Y BARRA DE  
 1.6. Autor del instrumento: APRE PARA LA REMEDIACIÓN DE CR (CUI) DE AGUA RESIDUAL DE CANTONALES

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													
PROMEDIO DE VALIDACIÓN														

### PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	/		
	/		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85%... IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- ( ) El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: Lima 05 Octubre 2018

Firma del experto informante

DNI. N° 08447308

Teléfono 5251049

## Anexo 16. Hoja de validación instrumento 2 – Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Sistema de Evaluación Causales, Filas de Rollos y  
Banco de Cere para la remoción de Cr(III) de agua residual en curtiembre  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ordoñez Gálvez Juan Julio

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 05 de 02 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8544302 Telf.: 5751049

# Anexo 17. Hoja de validación instrumento 1– Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio



## INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg... ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora... UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 1.3. Especialidad del validador... Ing. Químico  
 1.4. Nombre del instrumento... CONVENIO DE COLABORACIÓN (CONVENIO) PARA LA EJECUCIÓN DE CR-TE  
 1.5. Título de la Investigación... SIST. DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS PARA LA RECUPERACIÓN DE CR(VI) DE RESIDUOS DE CEMENTO  
 1.6. Autor del instrumento... Manrique Urteaga

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓
PROMEDIO DE VALIDACIÓN														✓

### PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓	90 %	
	✓		

- III. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 90 % IV. OPINION DE APLICABILIDAD  
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: Lima 06 Diciembre 2018

DNI. N° 08306575

Firma del experto informante  
 C.I.P. N° 25450  
 Teléfono 974142836

## Anexo 18 Hoja de validación instrumento 2– Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: GRUPO DE CUESTIONARIO (PARTE DE RESPUESTA-BARRA) CONCENTRADO DE CR TS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Montague Wilka EBERT

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SP

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 06 DE DICIEMBRE del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 C I P N° 25450

DNI No. 08306595 Telf.: 99442836

# Anexo 19. Hoja de validación instrumento 1– Quim. Quintana Paetán, Sigfredo.



## INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Quintana Paetán, Sigfredo Alexander  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3. Especialidad del validador: Química  
 1.4. Nombre del instrumento: Prueba de costo de los reactivos de Química - Bases de los reactivos Cr-16  
 1.5. Título de la Investigación: Sis. Integrado de Evidencia Crim. por Filtrado de Agua y Bases de los reactivos  
 1.6. Autor del instrumento: Manrique Vilca Ebert

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓
PROMEDIO DE VALIDACIÓN														✓

### PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		
	✓		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 90 %... IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- ( ) El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: Lima 05 septiembre 2018

Firma del experto informante

DNI. N° 07491144

Teléfono 970914634

**Sigfredo A. Quintana Paetán**  
 QUÍMICO  
 CAP 598

## Anexo 20. Hoja de validación instrumento 2– Quim. Quintana Paetán, Sigfredo



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paetán, Sigfredo Alexander  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Mostrar custodia (tema de preservación de evidencia, C. 16)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marique Vilca EBERT

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, ..... 05 septiembre ..... del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0749844 Telf.: 970914334

## Anexo 21. Instrumentos Validados (1,2,3 y 4)

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Anexo 1: CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTREO DE AGUA RESIDUAL DE CURTIMBRE(INSITU)

Proyecto: ..... Fecha:..... Hora: Clima:  
Nombre del muestreador: ..... Lugar:.....

NUMERO DE MUESTRAS	FECHA Y HORA DE EXTRACCIÓN DE LA MUESTREO	Medio			Parámetros						COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES DE CAMPO
		Agua	Suelo	Aire	Fisicoquímicos			Metales	Cromo hexavalente	Norte	Sur		
					pH	Oxígeno Disuelto	temperatura					turbidez	
1													
2													

Lima, ..... de ..... Del 201...

  
N° 81972

  
CIP N° 25450

  
Sigfredo A. Quintana Poetán  
QUIMICO  
CAP 598

Firma del responsable

Anexo 2: Concentración de cromo hexavalente de los filtros cada dos días.

Realizado por: .....

N°	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Filtro 1: Resina y Borra de café				Filtro 2: Resina y Borra de café				Filtro 3: Resina y Borra de café							
			Día de toma de muestreo				Día de toma de muestreo				Día de toma de muestreo							
			D2	D4	D6	D10	D2	D4	D6	D8	D10	D12	D16	D2	D4	D6	D8	D10
1	Resina -borra de café	ppm																
2	Resina -borra de café	ppm																
3	Resina -borra de café	ppm																

Anexo 3: cuadro de resultados de la concentración de cromo hexavalente durante los16 días de monitoreo de las pozas del sistema integrado

Realizado por: .....

N°	Poza	Numero de planta	Concentración de cromo hexavalente	DÍAS DE MUESTREO DE CADA DE POZA DEL SISTEMA INTEGRADO															
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
1	Poza 1	3 Eichhornia Crassipes	ppm																
2	Poza 2	5 Eichhornia Crassipes	ppm																
	Poza 3	8 Eichhornia Crassipes	ppm																

  
N° 81972

  
CIP N° 25450

  
Sigfredo A. Quintana Poetán  
QUIMICO  
CAP 598

Anexo 4: cuadro de resultados de la concentración de cromo hexavalente durante los16 días de monitoreo de los filtros de resina y borra de café del sistema integrado

Realizado por: .....

N°	Filtros	Componentes	Concentración de cromo hexavalente	DÍAS DE MUESTREO DE CADA DE POZA DEL SISTEMA INTEGRADO															
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
1	Filtro 1	Resina -borra de café	ppm																
2	Filtro 2	Resina -borra de café	ppm																
	Filtro 3	Resina -borra de café	ppm																

  
N° 81972

  
CIP N° 25450

  
Sigfredo A. Quintana Poetán  
QUIMICO  
CAP 598

**Anexo 22. Instrumentos Validados (5,6,7 y 8)**

**Anexo 5: ficha de característica para la borra de café**

Borra de café				
ítems	Diámetro (mm)	Masa (gr)	Volumen (L)	Tiempo proceso

**Anexo 6: ficha de característica para la resina de intercambio iónico**

RESINA DE INTERCAMBIO IÓNICO					
ítems	Diámetro (mm)	Densidad (gr/l)	Masa (gr)	Volumen (L)	Tiempo proceso

**Anexo 7: ficha de característica de *Eichhornia crassipes***

<i>Eichhornia crassipes</i>						
ítems	Familia	Nombre común	tamaño (cm)	peso (gr)	Tamaño de la raíz	desarrollo de la planta

**Anexo 8: ficha de nivel de remoción de cada sistema integrado**

Nº	Sistema integrado	Concentración inicial Cr (VI)	Concentración final Cr (VI)	Nivel de remoción Cr (VI)
1	Sistema integrado 1			
2	Sistema integrado 2			
3	Sistema integrado 2			

## Anexo 23. Reporte de análisis de Laboratorio 1



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

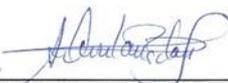
Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

#### Informe de Resultados 1: caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual de la curtiembre

- Fecha de colección de muestra: 12 de octubre del 2018
- Fecha de Análisis: 15/10/2018

Resultados de muestra inicial		Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre			
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	R1	R2	R3	PROMEDIO
Oxígeno disuelto	mg/L	1.67	1.64	1.65	1.65
Conductividad	mS/cm	58.1	57.9	57.7	57.90
Turbidez	NTU	500	498	494	497.33
pH	Unidad	3.73	3.7	3.68	3.70
Temperatura	° C	23.7	23.7	23.5	23.63

1. MI: Muestra Inicial R: # de repetición 3. pH: Potencial de Hidrógeno 4. N.T.U. Unidad nefelométrica de turbidez 5.  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : microSiems por centímetro  
Metodología empleada:  
pH: Metodo Electrometrico.  
Conductividad Eléctrica: Metodo de Laboratorio (Metodo Conductimétrico).  
Turbidez: Metodo Nefelométrico.  
Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida.

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán  
CQP 596  
Profesor Responsable

Sigfredo A. Quintana Paetán  
QUÍMICO  
CQP 596

## Anexo 24. Reporte de análisis de Laboratorio 2



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

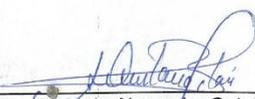
### Informe de Resultados 2: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Difenilcarbazida del 22/10/2018 al 06/11/2018

	sistema integrado 3 filtro resina y borra de café				Dato inicial
	Absorbancia	Absorbancia Corregida	Volumen de Muestra(20mL)	Cr (VI) ppm	
M0	0.15	0.147	10	2.665249	Dato inicial
M1	0.130	0.127	20	1.581	22/10/2018
M2	0.122	0.118	20	1.359	23/10/2018
M3	0.116	0.113	20	1.034	24/10/2018
M4	0.115	0.110	20	1.005	25/10/2018
M5	0.100	0.098	20	0.872	26/10/2018
M6	0.093	0.090	20	0.801	27/10/2018
M7	0.088	0.085	20	0.686	28/10/2018
M8	0.080	0.078	20	0.722	29/10/2018
M9	0.074	0.071	20	0.663	30/10/2018
M10	0.069	0.066	20	0.597	31/10/2018
M11	0.038	0.036	20	0.450	1/11/2018
M12	0.042	0.034	20	0.430	2/11/2018
M13	0.035	0.033	20	0.382	3/11/2018
M14	0.030	0.029	20	0.340	4/11/2018
M15	0.039	0.031	20	0.306	5/11/2018
M16	0.031	0.030	20	0.265	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB)

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán  
CQP 596  
Profesor Responsable

Sigfredo A. Quintana Paetán  
QUIMICO  
CQP 596

## Anexo 25. Reporte de análisis de Laboratorio 3



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

### Informe de Resultados 3: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Defenilcarbazida 22/10/2018 al 06/11/2018

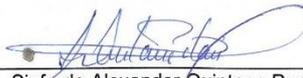
Fecha de Análisis: 22/ 10 /2018

sistema integrado 1 poza 1 <i>Eichhornia Crassipes</i>					
	Absorbancia	Abs Corregida	Volumen Muestra	Cr (VI) ppm	Fecha
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.147	0.136	10	2.470	22/10/2018
M2	0.145	0.130	10	2.364	23/10/2018
M3	0.142	0.126	10	2.293	24/10/2018
M4	0.139	0.121	10	2.205	25/10/2018
M5	0.135	0.120	10	2.187	26/10/2018
M6	0.130	0.116	10	2.116	27/10/2018
M7	0.125	0.111	10	2.027	28/10/2018
M8	0.120	0.094	10	1.726	29/10/2018
M9	0.117	0.091	10	1.673	30/10/2018
M10	0.113	0.085	10	1.567	31/10/2018
M 11	0.311	0.198	20.	1.322	1/11/2018
M12	0.307	0.194	20.	1.294	2/11/2018
M 13	0.300	0.187	20.	1.246	3/11/2018
M 14	0.490	0.190	20.	1.267	4/11/2018
M 15	0.291	0.178	20.	1.184	5/11/2018
M 16	0.298	0.185	20.	1.232	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:.

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB)

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán  
CQP 596  
Profesor Responsable

  
Sigfredo A. Quintana Paetán  
QUIMICO  
CQP 596

## Anexo 26. Reporte de análisis de Laboratorio 4



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

#### Informe de Resultados 4: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Definilcarbazida 22/10/2018 al 06/11/2018

	sistema integrado 1 filtro resina y borra de café		Volumen de Muestra	Cr (VI) ppm	Fecha
	Absorbancia	Abs Corregida			
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.138	0.135	20	1.226	22/10/2018
M2	0.132	0.128	20	1.167	23/10/2018
M3	0.127	0.124	20	1.132	24/10/2018
M4	0.124	0.119	20	1.085	25/10/2018
M5	0.120	0.118	20	1.076	26/10/2018
M6	0.117	0.114	20	1.043	27/10/2018
M7	0.107	0.104	20	0.949	28/10/2018
M8	0.095	0.093	20	0.854	29/10/2018
M9	0.094	0.091	20	0.839	30/10/2018
M10	0.087	0.083	20	0.766	31/10/2018
M 11	0.121	0.117	20	0.766	1/11/2018
M 12	0.112	0.110	20	0.718	2/11/2018
M 13	0.110	0.102	20	0.663	3/11/2018
M 14	0.990	0.094	20	0.608	4/11/2018
M 15	0.100	0.095	20	0.615	5/11/2018
M 16	0.088	0.087	20	0.560	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:.

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB)

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana, R. P.  
CQP 596  
Profesor Responsable  
Sigfredo A. Quintana Paredón  
QUÍMICO  
CQP 596

## Anexo 27. Reporte de análisis de Laboratorio 5



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

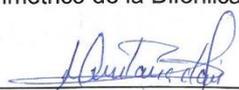
### Informe de Resultados 5: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Difenilcarbazida 22/10/2018 al 06/11/2018

sistema integrado 2 poza 2 <i>Eichhornia Crassipes</i>					
	Absorbancia	Absorbancia Corregida	Volumen Muestra	Cr VI ppm	Fecha
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.144	0.1310	10	2.382	22/10/2018
M2	0.142	0.1240	10	2.258	23/10/2018
M3	0.138	0.1190	10	2.169	24/10/2018
M4	0.136	0.1110	10	2.027	25/10/2018
M5	0.130	0.0960	10	1.761	26/10/2018
M6	0.127	0.0900	10	1.655	27/10/2018
M7	0.125	0.0860	10	1.584	28/10/2018
M8	0.122	0.0800	10	1.478	29/10/2018
M9	0.115	0.0710	10	1.318	30/10/2018
M10	0.108	0.0670	10	1.248	31/10/2018
M11	0.288	0.18	20	1.198	1/11/2018
M12	0.281	0.173	20	1.150	2/11/2018
M13	0.272	0.164	20	1.088	3/11/2018
M14	0.270	0.162	20	1.075	4/11/2018
M15	0.269	0.161	20	1.068	5/11/2018
M16	0.263	0.155	20	1.026	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB)

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetz  
CQP 596

Profesor Responsable

  
Sigfredo A. Quintana Paetz  
QUIMICO  
CQP 596

## Anexo 28. Reporte de análisis de Laboratorio 6



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de Eichhornia crassipes, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

### Informe de Resultados 6: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Definilcarbazida 22/10/2018 al 06/11/2018

	sistema integrado 2 filtro resina y borra de café				
	Absorbancia	Abs Corregido	Volumen de Muestra	Cr (VI) ppm	
M0	0.15	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.134	0.131	20	1.191	22/10/2018
M2	0.128	0.124	20	1.129	23/10/2018
M3	0.124	0.121	20	1.105	24/10/2018
M4	0.121	0.116	20	1.055	25/10/2018
M5	0.114	0.112	20	1.020	26/10/2018
M6	0.110	0.107	20	0.978	27/10/2018
M7	0.102	0.099	20	0.904	28/10/2018
M8	0.097	0.095	20	0.875	29/10/2018
M9	0.089	0.086	20	0.789	30/10/2018
M10	0.080	0.076	20	0.704	31/10/2018
M11	0.089	0.084	20	0.539	1/11/2018
M12	0.085	0.083	20	0.532	2/11/2018
M13	0.083	0.081	20	0.519	3/11/2018
M14	0.085	0.080	20	0.512	4/11/2018
M15	0.078	0.075	20	0.478	5/11/2018
M16	0.080	0.076	20	0.484	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:.

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB)

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán  
CQP 596  
Profesor Responsable



## Anexo 29. Reporte de análisis de Laboratorio 6



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Reporte de Análisis de Laboratorio

**Lugar de Ejecución:** Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Los resultados de la muestra de agua antes y después del tratamiento del Sistema integrado de *Eichhornia crassipes*, filtro de resina y borra de café para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales de curtiembre realizados en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo, se muestran a continuación:

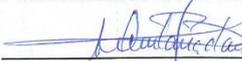
### Informe de Resultados 7: Determinación de Cr<sup>+6</sup> por el Método colorimétrico de la Definilcarbazida 22/10/2018 al 06/11/2018

sistema integrado 3-planta poza 3 <i>Eichhornia Crassipes</i>					
	Absorbancia	Absorbancia Corregida	Volumen de Muestra	Cr (VI) ppm	Dato inicial
M0	0.150	0.147	10	2.665	Dato inicial
M1	0.162	0.160	10	2.0096	22/10/2018
M2	0.136	0.132	10	1.6551	23/10/2018
M3	0.131	0.128	10	1.5488	24/10/2018
M4	0.128	0.123	10	1.4071	25/10/2018
M5	0.124	0.122	10	1.3007	26/10/2018
M6	0.117	0.114	10	1.2121	27/10/2018
M7	0.113	0.1097	10	1.1944	28/10/2018
M8	0.108	0.106	10	1.1944	29/10/2018
M9	0.094	0.090	10	1.1590	30/10/2018
M10	0.094	0.089	10	1.1235	31/10/2018
M 11	0.18	0.177	20	1.1774	1/11/2018
M 12	0.117	0.174	20	1.1569	2/11/2018
M13	0.168	0.165	20	1.0951	3/11/2018
M14	0.167	0.164	20	1.0882	4/11/2018
M15	0.255	0.161	20	1.0677	5/11/2018
M16	0.241	0.147	20	0.9716	6/11/2018

Cr (VI): Cromo Hexavalente

Metodología empleada:.

Cromo (VI): Metodo colorimétrico de la Difenilcarbazida (EW\_APHA3500CRB

  
Qco. Sigfredo Alexander Quintana  
CQP 596...  
Profesor Responsable  
Fisicoquímica  
CQP 596

## Anexo 30. Determinación de cromo hexavalente



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE-MÉTODO COLORIMÉTRICO DE LA DEFINILCARBAZIDA

### Materiales:

8 fioles de 100 mL  
2 vasos precipitados  
Balanza analítica  
Pipeta

### Equipo:

Espectrómetro UV

### Reactivos

Definilcarbazida  
Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )  
Acetona  
Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )

### Determinación de la curva de calibración

#### I. Reactivo

- Preparación de patrón de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )  
Disolver 141.4mg de  $K_2Cr_2O_7$  en 100 mL de agua que equivale a 500 mg/L de  $Cr^{+6}$
- Preparación del reactivo definilcarbazida  
Disolver 125 mg de Difenilcarbazida en 25 mL de Acetona

#### II. Procedimiento experimental

- A los patrones de las siguientes concentraciones 1ppm, 0.8ppm, 0.3ppm, 0.1ppm en un volumen de 100mL. se le adiciona una gota de  $H_2SO_4$  (pH aproximado a 2) más 2mL de definilcarbazida y se agita. transcurrido 30 minutos y se lee a  $\lambda=540nm$ .

#### III. Resultados de la absorbancia

Concentración (ppm)	Absorbancia a 30"
Bk	0.004
0.1ppm	0.058
0.25ppm	0.0134
0.8ppm	0.483
1ppm	0.550

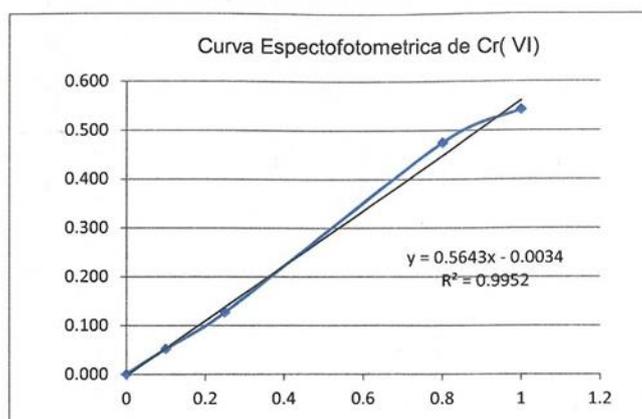
Tabla 1: lectura del espectrómetro con relación al tiempo

## Anexo 31. Determinación de cromo hexavalente – Curva de calibración



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### 2. Curva de calibración para determinar Cromo Hexavalente



$$\text{Cr VI} = ((\text{Abs} + 0.0034) / 0.5643) \times 100 / \text{Vol muestra}$$

#### IV. Verificación con de la curva de calibración relación al tiempo.

Concentración (ppm)	15minutos	30minutos	45minutos	1Hora	1:30"
BK	0.000	0.004	0.009	0.010	0.011
0.1 ppm	0.017	0.058	0.0061	0.062	0.065
0.25ppm	0.043	0.0134	0.136	0.137	0.139
0.8ppm	0.154	0.483	0.484	0.485	0.485
1ppm	0.176	0.550	0.550	0.552	0.551

	Abs	Abs Correg	Vol Muestr	Cr VI ppm
Bk	0.002	0		
M1	0.029	0.28	5	10.0443

#### V. Determinación de Cr Hexavalente en agua residual de curtiembre

Muestra: 250 mL

Muestra utilizada: 60 mL

##### Caracterización del agua residual

pH	3.7
T°(C°)	23.6
Oxígeno disuelto (ppm)	1.7ppm
Conductividad (ms/cm)	57.9 ms/cm
Turbidez (NTU)	497.3

## Anexo 32. Determinación de parámetros fisicoquímicos del agua residual



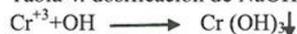
### UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tabla 3: parámetros fisicoquímicos del agua residual

- Para la determinación de  $\text{Cr}^{+6}$  de aguas residual de curtiembre primero se le añadió hidróxido de sodio (NaOH) a 10% para que precipite la muestra, así mismo llevarlo de pH 3.5 a 10, Luego de 20 minutos la muestra es colocado en tubos para centrifugar por un tiempo de 10 minutos y 4500 revoluciones

Dosificación de NaOH	pH inicial:3.7
1ml	5.33
1ml	7.66
1ml	9.244
1ml	10.21

Tabla 4: dosificación de NaOH



Se permite la separación de Cr (III) del Cr (VI) el cual no precipita en condiciones básicas

- La muestra es colocada en un Vaso precipitado para llevar la muestra de pH 10.21 a 2.5, luego se toma 10 ml de muestra en volumen de 100mL, se le añade 2mL de Definilcarbazida.
- Así mismo se preparó una muestra de Blanco más 1 gota de ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y en otra fiola 7 mL de agua residual (muestra de color)

Muestra inicial	Abs	Abs Corregida	Volumen Muestra	Cr VI ppm
Bk	0.003	0		
M1	0.150	0.147	10	2.6652

Por lo tanto, la [ Cr (VI)] inicial es de 2.67 ppm

**Elaboración de la nueva curva de calibración en otro equipo de espectrometría -UV en el laboratorio de Biotecnología de la universidad Cesar Vallejo Lima -Este**

**Modelo del Equipo: Genesys 10S UV- visible**

#### I. Procedimiento experimental

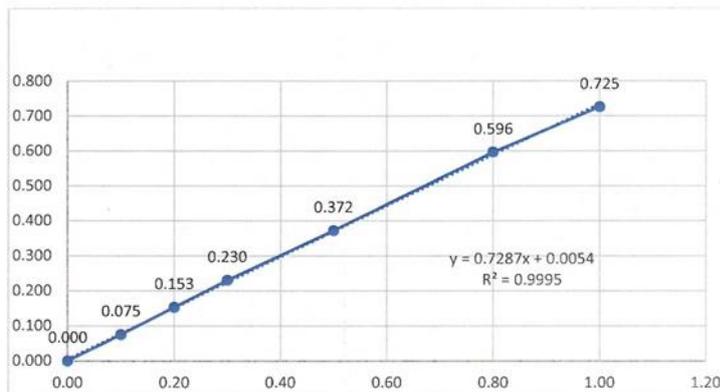
A los patrones de las siguientes concentraciones 1ppm,0.8ppm,0.3ppm, 0.2 ppm 0.1ppm,0.5ppm en un volumen de 100mL.se le adiciona una gota de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (pH aproximado a 2) más 2mL de definilcarbazida y se agita. trascurrido 30 minutos y se lee a  $\lambda=540\text{nm}$ .



Resultados de la absorbancia

Cr (VI) ppm	Absorbancia 30"
0.00	0.000
0.10	0.075
0.20	0.153
0.30	0.230
0.50	0.372
0.80	0.596
1.00	0.725

Curva de calibración para cromo hexavalente



Y: Absorbancia X: Concentración(ppm)

$$\text{Cr (VI) ppm} = ((\text{Absorbancia} - \text{Blanco}) - 0.0054) / 0.7287 \times 100 / \text{Vol. Muestra}$$

Qco. Sigfredo Alexander Quintana Paetán  
CQP 596  
Profesor Responsable

Sigfredo A. Quintana Paetán  
QUÍMICO  
CQP 596

### Anexo 33. Constancia de asistencia técnica



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Yo, Hitler Román Pérez, quien tengo a mi cargo la asistencia técnica del laboratorio Biotecnología y la supervisión del trabajo de laboratorio del tesista, Manrique vilca Ebert Santiago doy fe de la confiabilidad de los resultados antes citados, los cuales fueron determinados por la señorita en mención.

Los ensayos se realizaron con los equipos:

- Turbidímetro Marca: HANNA, Modelo: HI83414
- Multiparámetro HANNA
- Espectrofotómetro UV-Visible Marca: PG Instruments Ltda, Modelo: T80+.
- Balanza Analítica: Sartorius

---

Hitler Román Pérez

Técnico de Laboratorio  
**DNI N° 41539466**

**Anexo 34. Límite máximo permisible de efluente para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre**

**ANEXO 1**

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9		6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)								3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml							*	*

\* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para este parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de este LMP.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuro (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100 ml							4000	1000
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)							20	10

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

\*\* Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

## Anexo 35. Hoja técnica de la resina

# ROHM AND HAAS | Ion Exchange Resins

### PRODUCT DATA SHEET

## AMBERLITE™ IRI 20 Na Industrial Grade Strong Acid Cation Exchanger

AMBERLITE IRI20 Na resin is a gel type strongly acidic cation exchange resin of the sulfonated polystyrene type. It is used for water softening (in Na<sup>+</sup> form) as well as for water demineralisation (in H<sup>+</sup> form) in co-flow regenerated units. AMBERLITE

IRI20 Na resin is an excellent general purpose cation exchange resin that can be used for a wide variety of industrial water treatment applications including both softening and demineralisation.

### PROPERTIES

Physical form _____	Amber spherical beads
Matrix _____	Styrene divinylbenzene copolymer
Functional group _____	Sulfonate
Ionic form as shipped _____	Na <sup>+</sup>
Total exchange capacity <sup>[1]</sup> _____	≥ 2.00 eq/L (Na <sup>+</sup> form)
Moisture holding capacity <sup>[1]</sup> _____	45 to 50 % (Na <sup>+</sup> form)
Shipping weight _____	840 g/L
Particle size	
Uniformity coefficient <sup>[1]</sup> _____	≤ 1.9
Harmonic mean size <sup>[1]</sup> _____	0.600 to 0.800 mm
< 0.300 mm <sup>[1]</sup> _____	2 % max
Maximum reversible swelling _____	Na <sup>+</sup> → H <sup>+</sup> ≤ 11 %

<sup>[1]</sup> Contractual value

Test methods available upon request.

### SUGGESTED OPERATING CONDITIONS

Maximum operating temperature _____	135 °C
Minimum bed depth _____	700 mm
Service flow rate _____	5 to 40 BV*/h
Regeneration	
Regenerant _____	HCl      H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl
Level (g/L) _____	50 to 150    60 to 240    80 to 250
Concentration (%) _____	5 to 8      0.7 to 6      10
Minimum contact time _____	30 minutes
Slow rinse _____	2 BV at regeneration flow rate
Fast rinse _____	2 to 4 BV at service flow rate

\* 1 BV (Bed Volume) = 1 m<sup>3</sup> solution per m<sup>3</sup> resin

## PERFORMANCE

The operating capacity depends on several factors such as the water analysis and the level of regeneration. The data to calculate the operating capacity and the ionic leakage with co-flow regeneration are given in the Engineering Data Sheets: EDS 0262 A, EDS 0264 A and EDS 0265 A.

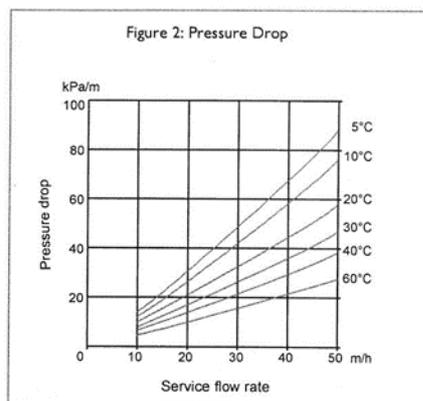
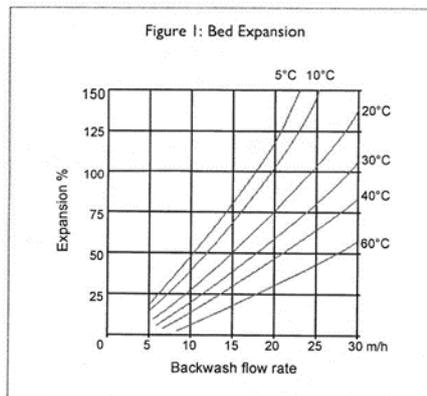
## LIMITS OF USE

AMBERLITE IR120 Na resin is suitable for industrial uses. For other specific applications such as pharmaceutical, food processing or potable water applications, it is recommended that all potential users seek advice from Rohm and Haas in order to

determine the best resin choice and optimum operating conditions.

## HYDRAULIC CHARACTERISTICS

Figure 1 shows the bed expansion of AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of backwash flow rate and water temperature. Figure 2 shows the pressure drop data for AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of service flow rate and water temperature. Pressure drop data are valid at the start of the service run with clear water and a correctly classified bed.



All our products are manufactured in ISO 9001 certified facilities.

Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - Philadelphia, PA - Tel. (800) RH AMBER - Fax: (215) 409-4534  
Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - 75579 Paris Cedex 12 - Tel. (33) 1 40 02 50 00 - Fax: 1 43 45 28 19

<http://www.amberlite.com>

**ROHM & HAAS**

AMBERLITE is a trademark of Rohm and Haas Company and its affiliates, Philadelphia, USA.

Ion exchange resins and polymeric adsorbents, as produced, contain by-products resulting from the manufacturing process. The user must determine the extent to which organic by-products must be removed for any particular use and establish techniques to assure that the appropriate level of purity is achieved for that use. The user must ensure compliance with all prudent safety standards and regulatory requirements governing the application. Except where specifically otherwise stated, Rohm and Haas Company does not recommend its ion exchange resins or polymeric adsorbents, as supplied, as being suitable or appropriately pure for any particular use. Consult your Rohm and Haas technical representative for further information. Acidic and basic regenerant solutions are corrosive and should be handled in a manner that will prevent eye and skin contact. Nitric acid and other strong oxidising agents can cause explosive type reactions when mixed with Ion Exchange resins. Proper design of process equipment to prevent rapid buildup of pressure is necessary if use of an oxidising agent such as nitric acid is contemplated. Before using strong oxidising agents in contact with Ion Exchange Resins, consult sources knowledgeable in the handling of these materials.

Rohm and Haas Company makes no warranties either expressed or implied as to the accuracy or appropriateness of these data and expressly excludes any liability upon Rohm and Haas arising out of its use. We recommend that the prospective users determine for themselves the suitability of Rohm and Haas materials and suggestions for any use prior to their adoption. Suggestions for uses of our products or the inclusion of descriptive material from patents and the citation of specific patents in this publication should not be understood as recommending the use of our products in violation of any patent or as permission or license to use any patents of the Rohm and Haas Company and its affiliates. Material Safety Data Sheets outlining the hazards and handling methods for our products are available on request.