



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN EN LA
REMOCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE (Cr^{+6}) DE LOS
EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DE CROMADO DURO,
BREÑA, 2014”**

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

AUTOR:

DÁVILA LEYVA, CINDY DALINA

ASESOR:

MG. ING. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

LIMA – PERÚ

2014

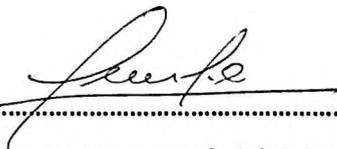
JURADO CALIFICADOR



.....
Mg. Wilber Quijano Pacheco
PRESIDENTE



.....
Ing. Máximo Zevallos León
SECRETARIO



.....
Ing. Percy Carbajal Quispe
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, a mis amados padres Ramón y María y a mi querida hermana Jacqueline, que sin duda fueron un factor importante en mi desarrollo profesional, enseñándome que todo se puede lograr con esfuerzo y perseverancia. De la misma forma por brindarme su apoyo incondicional y darme todo su cariño y amor.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a la Universidad César Vallejo por permitir que me haya desarrollado académicamente de la mejor forma mediante las enseñanzas brindadas en las aulas de clase.

A cada uno de los profesores de la escuela de Ingeniería Ambiental que pasaron por las aulas durante estos largos y a la vez cortos años, por compartir su experiencia académica, por la paciencia que tuvieron en todo ese tiempo y por la amistad brindada.

A mi asesor el ING. ELMER GONZALES BENITES ALFARO, por guiarme hacia el cumplimiento de mis objetivos en el desarrollo del presente trabajo de investigación, por exigirme más de lo que creía que podía dar y por estar siempre cuando se le necesito.

Al Ing. Omar Vásquez Aranda por compartir su conocimiento y experiencia en la realización de este trabajo, al Ing. José Cuellar Bautista por ayudar mediante sus sugerencias, al metodólogo a cargo, el Dr. Sabino Muñoz Ledesma por la ayuda metodológica del estudio y a los técnicos de laboratorio Daniel Neciosup Gonzales y Anni Soplopuco Masa por su paciencia y siempre disposición a ayudar.

De otro lado agradecer a la Ing. Lucila Romero Bueno y a los propietarios de la empresa donde recolecte las muestras de los efluentes, motivo de esta investigación, ya que sin su apoyo no hubiera podido seguir adelante con el estudio.

Finalmente agradecer a mi familia, mis padres, mi hermana, mis primas Reyna y Fabiola, mi primo Juan, primos y tíos en general, mis amigos y amigas, gracias por su amor y cariño, por su apoyo incondicional, por darme los ánimos suficientes para no rendirme y seguir adelante luchando hasta el final, gracias por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas y sin duda mi éxito se los debo a cada uno de ustedes en gran parte.

Muchas Gracias

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Cindy Dalina Dávila Leyva con DNI N° 71950713, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 11 de Diciembre del 2014.

.....
Cindy Dalina Dávila Leyva

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada "Tratamiento por Coagulación – Floculación en la Remoción de Cromo Hexavalente (Cr^{+6}) de los Efluentes de la industria de Cromado Duro, Breña, 2014", con la finalidad de determinar en qué medida el tratamiento por coagulación – floculación remueve el cromo hexavalente (Cr^{+6}) de los efluentes de la industria de cromado duro, Breña, 2014, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Cindy Dalina Dávila Leyva

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	X
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema	11
1.2 Objetivos	11
II. MARCO METODOLÓGICO	12
2.1 Hipótesis	12
2.2 Variables	12
2.3 Operacionalización de Variables	12
2.4 Metodología	14
2.5 Tipos de estudio	16
2.6 Diseño	16
2.7 Población, muestra y muestreo	16
2.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
2.8.1 Técnica de Recolección	18
2.8.2 Instrumentos y Materiales de Recolección	18
2.9 Métodos de análisis de datos	18
III. RESULTADOS	20
3.1 Fase I: Análisis de la calidad de los residuos líquidos	20
3.2 Fase II: Análisis del tratamiento por coagulación-floculación	32
3.3 Análisis de Datos	55
IV. DISCUSIÓN	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 2-01: Operacionalización de Variables	13
Cuadro N° 2-02: Descripción de muestras analizadas	17
Cuadro N° 3-01: Descripción de muestras analizadas –Fase I	20
Cuadro N° 3-02: Resultados de parámetros físico – químicos del día 03/10/2014	21
Cuadro N° 3-03: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 03/10/2014	21
Cuadro N° 3-04: Resultados de parámetros físico – químicos del día 10/10/2014	23
Cuadro N° 3-05: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 10/10/2014	23
Cuadro N° 3-06: Resultados de parámetros físico – químicos del día 16/10/2014	25
Cuadro N° 3-07: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 16/10/2014	25
Cuadro N° 3-08: Resultados de parámetros físico – químicos del día 17/10/2014	27
Cuadro N° 3-09: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 17/10/2014	27
Cuadro N° 3-10: Resultados de parámetros físico – químicos del día 18/10/2014	29
Cuadro N° 3-11: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 18/10/2014	29
Cuadro N° 3-12: Resumen de las concentraciones de cromo hexavalente inicial obtenido en el análisis de la Fase I	31
Cuadro N° 3-13: Resultados de parámetros físico – químicos del día 24/10/2014	32
Cuadro N° 3-14: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 24/10/2014	32
Cuadro N° 3-15: Resultados del tratamiento por Coagulación – Flocculación del día 24/10/2014	33
Cuadro N° 3-16: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 24/10/2014	34
Cuadro N° 3-17: Resultados de parámetros físico – químicos del día 06/11/2014	35
Cuadro N° 3-18: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 06/11/2014	35
Cuadro N° 3-19: Resultados del tratamiento por Coagulación – Flocculación del día 06/11/2014	37
Cuadro N° 3-20: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 06/11/2014	38
Cuadro N° 3-21: Descripción de muestras analizadas – M1	39
Cuadro N° 3-22: Resultados de parámetros físico – químicos del día 15/11/2014 – M1	39
Cuadro N° 3-23: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 15/11/2014 – M1	40
Cuadro N° 3-24: Resultados del tratamiento por Coagulación – Flocculación del día 15/11/2014 – M1	41
Cuadro N° 3-25: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 15/11/2014 – M1	42
Cuadro N° 3-26: Descripción de muestras analizadas – M2	43
Cuadro N° 3-27: Resultados de parámetros físico – químicos del día 15/11/2014 – M2	43
Cuadro N° 3-28: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 15/11/2014 – M2	43
Cuadro N° 3-29: Resultados del tratamiento por Coagulación – Flocculación del día 15/11/2014 – M2	45
Cuadro N° 3-30: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 15/11/2014 – M2	46
Cuadro N° 3-31: Descripción de muestras analizadas – M3	47
Cuadro N° 3-32: Resultados de parámetros físico – químicos del día 15/11/2014 – M3	47
Cuadro N° 3-33: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 15/11/2014 – M3	47
Cuadro N° 3-34: Resultados del tratamiento por Coagulación – Flocculación del día 15/11/2014 – M3	49
Cuadro N° 3-35: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 15/11/2014 – M3	50
Cuadro N° 3-36: Resumen de las concentraciones de cromo hexavalente inicial obtenido en el análisis de la Fase II	51
Cuadro N° 3-37: Resumen de las concentraciones de cromo hexavalente final obtenido en el análisis de la Fase II	53
Cuadro N° 3-38: Comparación de Resultados	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 3-01: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 03/10/2014 comparado con los VMA	22
Gráfico N° 3-02: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 10/10/2014 comparado con los VMA	24
Gráfico N° 3-03: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 16/10/2014 comparado con los VMA	26
Gráfico N° 3-04: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 17/10/2014 comparado con los VMA	28
Gráfico N° 3-05: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras del día 18/10/2014 comparado con los VMA	30
Gráfico N° 3-06: Concentración de Cr ⁺⁶ inicial de las muestras del día 24/10/2014 comparado con los VMA	33
Gráfico N° 3-07: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 24/10/2014 comparado con los VMA	34
Gráfico N° 3-08: Concentración de Cr ⁺⁶ inicial de las muestras del día 06/11/2014 comparado con los VMA	36
Gráfico N° 3-09: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras del día 06/11/2014 comparado con los VMA	38
Gráfico N° 3-10: Concentración de Cr ⁺⁶ inicial de las muestras M1 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	40
Gráfico N° 3-11: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras M1 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	42
Gráfico N° 3-12: Concentración de Cr ⁺⁶ de las muestras M2 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	44
Gráfico N° 3-13: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras M2 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	46
Gráfico N° 3-14: Concentración de Cr ⁺⁶ inicial de las muestras M3 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	48
Gráfico N° 3-15: Concentración de Cr ⁺⁶ final de las muestras M3 del día 15/11/2014 comparado con los VMA	50
Gráfico N° 3-16: Concentración de Cr ⁺⁶ inicial promedio de las muestras comparado con los VMA	52
Gráfico N° 3-17: Concentración de Cr ⁺⁶ final promedio de las muestras comparado con los VMA	54
Gráfico N° 3-18: Gráfica de Probabilidad	56
Gráfico N° 3-19: Resumen Gráfico	57

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar la cantidad de concentración de cromo hexavalente removida mediante el tratamiento de coagulación – floculación de los efluentes de la industria del cromado duro en una empresa ubicada en el distrito de Breña – Lima durante el segundo semestre del presente año (2014). El tratamiento de coagulación – floculación fue realizado en un equipo llamado prueba de jarras, en este equipo se simuló los procesos que se llevarían a cabo en el área de operaciones de la empresa. Se obtuvieron medidas referenciales de los diversos compuestos químicos usados en el tratamiento, estos fueron el ácido clorhídrico para ajuste de pH, bisulfito de sodio como reductor de cromo hexavalente a trivalente y óxido de calcio usado como coagulante. La importancia del método elegido radica en que permite tratar residuos líquidos generados en los procesos productivos de la industria de cromado duro y que son descargados directamente a las redes de alcantarillado sin tomar en cuenta los valores máximos admisibles establecidos por D.S N° 021-2009-VIVIENDA para su control. Estos residuos líquidos se caracterizan por ser altamente tóxicos debido a la presencia de altas concentraciones de cromo hexavalente y que resultan ser peligrosos tanto para el ser humano como al medio ambiente. Posterior al desarrollo del tratamiento de coagulación-floculación, se determinó que el método influye de manera positiva en la remoción de cromo hexavalente presente en las muestras estudiadas, esto mediante una comparación de las concentraciones de cromo hexavalente previo y posterior al tratamiento, siendo así que en todos los casos se encontraron niveles elevados de cromo hexavalente siendo reducidos significativamente por debajo del Valor Máximo Admisible establecido.

Palabras Clave: Galvanoplastia, cromado, cromo hexavalente, tratamiento de coagulación-floculación.

ABSTRACT

This research was realized in order to determine the amount of hexavalent chromium concentration removed by coagulation - flocculation treatment of effluents from industry hard chrome in a company located in the district of Breña - Lima in the second half of this year (2014). The coagulation - flocculation treatment was performed on a jar testing equipment, in this equipment there were simulated the processes which would be carried out in the area of operations of the company. There were obtained referential measurements of the diverse chemical compounds used in the treatment, such as hydrochloric acid for pH adjustment, sodium bisulfite as reducing hexavalent chromium to trivalent and calcium oxide used as a coagulant. The chosen method is important because it allows to treat liquid waste generated in the production process from industry of hard chrome and are discharged directly to the drain without taking into account the maximum permissible values established by D.S N° 021-2009-VIVIENDA for control. These liquid wastes are characterized by being highly toxic due to the presence of high concentrations of hexavalent chromium and that are dangerous both for human beings and environment. Subsequent to the development of the coagulation-flocculation treatment, it was determined that the method influences in a positive way in the removal of hexavalent chromium present in the samples studied, this through a comparison of the hexavalent chromium concentrations before and after the treatment, being so in all cases found high levels of hexavalent chromium being reduced significantly below the maximum permissible values established.

Key Words: Electroplating, chromium, hexavalent chromium, coagulation-flocculation treatment.