



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Remoción de Plomo y Cadmio en Lodos Residuales del PTAR
Ventanilla mediante Remediación Electrocinética, Lima-2018.

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

AUTORA:

Ruth Milagros Ybañez Abrill

ASESOR:

Dr. Elmer Gonzáles Benites Alfaro

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

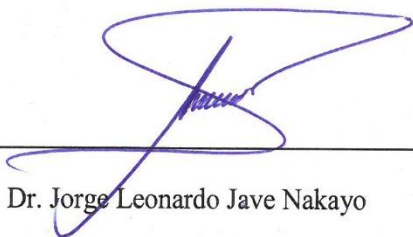
LIMA – PERÚ

2018-II

Página del Jurado


Remoción de Plomo y Cadmio en Lodos Residuales del PTAR Ventanilla mediante
Remediación Electrocinética, Lima – 2018.

Autora: Ruth Milagros Ybañez Abrill




Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo

Presidente



Dr. Eusterio Horario Acosta Suasnabar

Secretario



Dr. Elmer Gonzáles Benites Alfaro

Vocal

Dedicatoria:

Se lo dedico a Dios puesto que me ha brindado la sabiduría necesaria para afrontar este gran reto académico. A mis padres y mi hermana a quienes amo porque son el pilar de mi vida para seguir logrando todos mis sueños y continuar saliendo adelante como familia. A mi familia Ybañez y Abrill por todo el apoyo brindado.

Agradecimiento:

Agradezco a mi asesor por el apoyo brindado y también a la Universidad César Vallejo por los conocimientos adquiridos y porque me proporcionó sus laboratorios para el desarrollo de la presente tesis.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Ruth Milagros Ybañez Abrill, identificado en el DNI 72900432, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda 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, 01 de diciembre del 2018



Ruth Milagros Ybañez Abrill

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN LODOS RESIDUALES DEL PTAR VENTANILLA MEDIANTE REMEDIACIÓN ELECTROKINÉTICA-LIMA 2018”.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **Ingeniera Ambiental**.

Ruth Milagros Ybañez Abrill

Autora

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria:.....	iii
Agradecimiento:.....	iv
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Trabajos previos	3
1.3 Teorías relacionadas al tema	10
1.4 Formulación del problema	29
1.5 Justificación del estudio	30
1.6 Hipótesis	31
II. MÉTODO.....	31
2.1 Diseño de la Investigación	31
2.2 Variables	37
2.3 Población y muestra	39
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.5 Método de análisis de datos	42
2.6 Aspectos éticos.....	43
III. RESULTADOS.....	44
3.1 Estadística descriptiva	44
3.2 Contraste de hipótesis (Estadística inferencial)	60
IV. DISCUSIÓN	71
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
VIII. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Concentración de metales y tasas de carga de metales pesados</i>	15
Tabla 2. <i>Clasificación de lodos acorde al contenido de metales pesados</i>	15
Tabla 3. <i>Valores máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales</i>	17
Tabla 4. <i>Parámetros de toxicidad química</i>	17
Tabla 5. <i>Tasa Máxima Anual de Contaminantes para aplicación de Biosólidos</i>	18
Tabla 6. <i>Cantidad de muestras</i>	40
Tabla 7. <i>Datos obtenidos del proceso de electroremediación</i>	44
Tabla 8. <i>Concentración inicial de metales pesados en lodos residuales de la laguna primaria</i>	47
Tabla 9. <i>Resultados iniciales de lodos residuales de la laguna primaria</i>	48
Tabla 10. <i>Concentración final de plomo en lodos residuales de la laguna primaria</i>	49
Tabla 11. <i>Concentración final de cadmio en lodos residuales de la laguna primaria</i>	52
Tabla 12. <i>Resultados finales de temperatura en lodos residuales de la laguna primaria</i>	54
Tabla 13. <i>Resultados finales de pH en lodos residuales de la laguna primaria</i>	56
Tabla 14. <i>Resultados finales de la C.E en lodos residuales de la laguna primaria</i>	58
Tabla 15. <i>Prueba de normalidad para plomo</i>	60
Tabla 16. <i>Prueba de normalidad para plomo</i>	61
Tabla 17. <i>Prueba de normalidad para temperatura</i>	61
Tabla 18. <i>Prueba de normalidad para pH</i>	62
Tabla 19. <i>Prueba de normalidad para C.E</i>	62
Tabla 20. <i>Prueba de normalidad para voltajes</i>	63
Tabla 21. <i>Prueba de homogeneidad para cadmio</i>	63
Tabla 22. <i>Prueba de homogeneidad para potencial de hidrógeno</i>	64
Tabla 23. <i>Prueba de homogeneidad para conductividad eléctrica</i>	64
Tabla 24. <i>Prueba de homogeneidad para temperatura</i>	65
Tabla 25. <i>Prueba Kruskall Wallis para la variable dependiente plomo</i>	66
Tabla 26. <i>Prueba Kruskall Wallis para la variable independiente Voltajes</i>	67
Tabla 27. <i>Prueba Kruskall Wallis para la variable dependiente conductividad eléctrica</i>	68
Tabla 28. <i>Prueba ANOVA para la variable dependiente Cadmio</i>	68
Tabla 29. <i>Prueba ANOVA para el variable dependiente pH</i>	69
Tabla 30. <i>Prueba ANOVA para la variable dependiente Temperatura</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Esquema del proceso de electrorremediación.....	19
<i>Figura 2.</i> Movimiento de iones	20
<i>Figura 3.</i> Proceso de electromigración.....	21
<i>Figura 4.</i> Proceso de electroósmosis	22
<i>Figura 5.</i> Principales mecanismos que se presentan en el suelo por la aplicación de un campo eléctrico	23
<i>Figura 6.</i> Proceso de electrólisis del agua y metales pesados	26
<i>Figura 7.</i> Ubicación geográfica de la PTAR Ventanilla	33
<i>Figura 8.</i> Recolección de muestra en la laguna primaria del PTAR Ventanilla.....	34
<i>Figura 9.</i> Materiales utilizados para la celda de electrorremediación	34
<i>Figura 10.</i> Fuente de poder de 30 voltios.....	35
<i>Figura 11.</i> Celdas de electrorremediación	35
<i>Figura 12.</i> Celdas de electrorremediación y conexión a cada electrodo	36
<i>Figura 13.</i> Muestras de lodo, después del tratamiento	36
<i>Figura 14.</i> Proceso de medición de pH y C.E en el laboratorio	37
<i>Figura 15.</i> Muestras iniciales de lodo residual.....	39
<i>Figura 16.</i> Muestreo inicial de lodo residual	40
<i>Figura 17.</i> Unidades experimentales.....	43
<i>Figura 18.</i> Variación de voltajes en cada uno de los tratamientos	45
<i>Figura 19.</i> Comparación de voltajes y porcentaje de remoción en cada uno de los tratamientos	46
<i>Figura 20.</i> Concentración inicial del cadmio	47
<i>Figura 21.</i> Concentración inicial de plomo	48
<i>Figura 22.</i> Concentración de plomo después del tratamiento	50
<i>Figura 23.</i> Porcentaje de remoción de plomo en cada tratamiento	51
<i>Figura 24.</i> Concentración de cadmio después del tratamiento.....	53
<i>Figura 25.</i> Porcentaje de remoción de cadmio en cada tratamiento.....	53
<i>Figura 26.</i> Valores de la temperatura después del tratamiento	55
<i>Figura 27.</i> Valores de la pH después del tratamiento	57
<i>Figura 28.</i> Valores de la conductividad eléctrica después del tratamiento	59
<i>Figura 29.</i> Ubicación satelital del PTAR Ventanilla.....	107
<i>Figura 30.</i> Inicio del proceso de electrorremediación.....	107
<i>Figura 31.</i> Conexión a de cocodrilos a los electrodos.....	108
<i>Figura 32.</i> Mecanismos del proceso de electrorremediación evidenciados en el tratamiento	108
<i>Figura 33.</i> Color de la muestra de lodo antes del tratamiento.....	109
<i>Figura 34.</i> Muestra de lodo después del tratamiento	109

Figura 35. Agitación de las muestras pesadas con la bagueta en el laboratorio110

RESUMEN

La electroremediación es una técnica que sirve para remover lodos con metales pesados en suelos y lodos mediante la utilización de celdas electroquímicas. El objetivo del presente estudio es determinar el nivel de remoción de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en lodos residuales mediante el proceso de remediación electrocinética. Para determinar la concentración de metales pesados se realizó una caracterización, para ello en el mes de setiembre se muestreó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Ventanilla y se obtuvo que la concentración inicial de plomo y cadmio era de 180 mg/kg y 3880 mg/kg respectivamente, este último valor sobrepasa por mucho los valores máximos permisibles para metales pesados planteado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). El tipo de investigación fue aplicada, el enfoque cuantitativo, el diseño experimental. La población de lodos a considerar son los 300 kg. de lodos provenientes de la laguna primaria y la muestra fue de 15 kg. Además, para analizar Pb y Cd de los lodos se utilizaron 3 celdas electrolíticas, que consistían en una celda de 30 cm x 20 cm x 20cm en la que se agregó el lodo y se le colocó dos electrodos de grafito cuyo diámetro fue de 3/8 de pulgada, el electrolito fue una solución de NaCl, el mismo que se agregó en dosis y concentraciones diferentes para cada tratamiento, se realizaron 5 pruebas en 20 horas cada uno de ellos.

Los datos obtenidos en la cuarta repetición del tratamiento 03 (T-03) se obtuvo mejores resultados de lodo estudiado, reduciendo su concentración de plomo a 52 mg/kg, removiendo así el 71.11% del metal pesado y 1100 mg/kg de cadmio con una remoción de 71.65%. El estudio determina que la remediación electrocinética es una técnica importante para la remoción de metales pesados de lodos de una PTAR.

Palabras claves: Electroremediación, plomo, cadmio, celdas electroquímicas, lodos.

ABSTRACT

Electroremediation is a technique used to remove sludge with heavy metals in soils and sludge by using electrochemical cells. The objective of this study is to determine the level of removal of lead (Pb) and cadmium (Cd) in sewage sludge through the process of electrokinetic remediation. To determine the concentration of heavy metals, a characterization was carried out, for which in September it was sampled in the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Ventanilla and it was obtained that the initial concentration of lead and cadmium was 180 mg / kg and 3880 mg / kg respectively, this last value exceeds by far the maximum permissible values for heavy metals proposed by the Environmental Protection Agency (EPA). The type of research was applied, the quantitative approach, the experimental design. The population to consider are 300 kg. of sludge from the primary lagoon and the sample was 15 kg. In addition, 3 prototypes were constructed to treat the sludge, consisting of a 30 cm x 20 cm x 20 cm cell in which the sludge was added and two graphite electrodes whose diameter was 3/8 of an inch were placed. The electrolyte was a NaCl solution, the same one that was added in different doses for each treatment, 5 repetitions were performed in 20 hours each one.

The results determined that the fourth repetition of the treatment 03 (T-03) obtained better results of mud studied, reducing its lead concentration by 52 mg / kg, thus removing 71.11% of the heavy metal and 1100 mg / kg of cadmium with a removal of 71.65%. It is concluded that electrokinetic remediation is an important technique for the removal of heavy metals from sludge from a Sewage Water Treatment Plant.

Keywords: Electroremediation, lead, cadmium, electrochemical cells, sludge.

ANEXO VI: ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS Y PORCENTAJE DE PLAGIO DEL TURNITIN

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
-------------------------------------	--	---

Yo, Dr. Elmer Benites Alfaro, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

“Remoción de plomo y cadmio en lodos residuales del PTAR Ventanilla mediante remediación electrocinética, Lima-2018”, del (de la) estudiante **Ruth Milagros Ybañez Abril**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 01 de diciembre de 2018



Dr. Elmer Benites Alfaro

DNI:

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------