



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reducción de la concentración de plomo en el suelo utilizando la
Electrorremediación con potencial eléctrico constante y periódico, San
Mateo de Huanchor, Huarochirí, Lima

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Cornejo Morales, Rousvelt Alexander (ORCID: 0000-0002-4227-3926)

ASESORA:

Mg. Sc. Suárez Alvites, Haydeé (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre, quien es mi principal ejemplo de responsabilidad, deseos de superación en la vida profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi madre por la oportunidad de cumplir mis metas.

Agradezco inmensamente a las siguientes personas e instituciones: Dra. Marta Pazos

Currás, investigadora y especialista en la técnica empleada, también a los catedráticos,

Yakov Quinteros, Mariela Cortez y Haydeé Suárez quienes me asesoraron en el proyecto y desarrollo de la tesis. La familia Córdova por la ayuda brindada en campo. La Universidad

César Vallejo por la formación recibida, también a la Universidad Nacional Agraria la

Molina y al grupo de trabajadores del laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego por el apoyo en los análisis del

suelo.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Reducción de la concentración de Plomo en el suelo utilizando la Electrorremediación con potencial eléctrico constante y periódico, San Mateo de Huanchor, Huarochirí, Lima”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental.

Rousvelt Alexander Cornejo Morales

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos Previos	4
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	11
1.4 Formulación del problema	17
1.4.1 Problema General.....	17
1.5 Justificación del estudio	18
1.6 Hipótesis	18
1.6.1 Hipótesis general	18
1.6.2 Hipótesis específicas	19
1.7 Objetivo.....	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 y definición operacional	21
2.3 Población y muestra	23
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	23
2.5 Métodos de análisis de datos	28
2.6 Aspectos éticos.....	28

II. RESULTADOS.....	29
3.1 Tratamiento utilizando la electroremediación con potencial eléctrico constante y gradientes de tensión.....	29
3.2 Tratamiento utilizando la electroremediación con potencial eléctrico periódico y gradientes de tensión.....	36
3.3 Tratamiento utilizando la electroremediación con potencial eléctrico constante y periódico	53
III. DISCUSIONES	63
IV. CONCLUSIONES	65
V. RECOMENDACIONES	66
VI. REFERENCIAS	67
ANEXOS	74
Anexo N°1. Ubicación de la zona de estudio	74
Anexo N°2. Caracterización de la muestra de suelo.....	75
Anexo N°3. Matriz de consistencia	76
Anexo N°4. Hoja de campo para el muestreo de suelo – Guía de muestreos de suelos Ministerio del Ambiente.....	81
Anexo N°5. Concentraciones de pH, plomo total inicial y post en muestras de suelo.....	84
Anexo N°6. Imágenes del muestreo y tamizado del suelo.....	86
Anexo N°7. Imágenes de aplicación de la electroremediación en el suelo	88
Anexo N°8. Formato para la recolección de concentraciones de Plomo Total y pH en dos secciones del suelo post tratamiento	93
Anexo N°9. Formato para la recolección de las mediciones de intensidades de corriente, volumen electroosmótico acumulado, pH durante el tratamiento	94
Anexo N°10. Validación de Instrumentos.....	95
Anexo N°11. Resultados de las mediciones de pH, intensidades de corriente, volumen electroosmótico acumulado, durante el tratamiento	99

Anexo N°12. Resultados de caracterización del suelo.....	117
Anexo N°13. Resultado de concentración de Plomo total inicial del suelo.....	118
Anexo N°14. Resultados de las concentraciones de Plomo total, pH, post tratamiento	119

ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1. Tecnologías de remediación in situ de suelos contaminados.....	11
Tabla N° 2. Operacionalización de Variables	21
Tabla N° 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
Tabla N° 4. Resultado de alfa de cronbach	28
Tabla N° 5. Prueba de Normalidad – Potencial eléctrico constante	35
Tabla N° 6. Prueba T Student – Potencial eléctrico constante	36
Tabla N° 7. Prueba de Normalidad - Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 horas)..	49
Tabla N° 8. Prueba de T Student – Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 horas)..	49
Tabla N° 9. Prueba de Normalidad – Potencial Eléctrico Periódico (8 – 4 horas)..	50
Tabla N° 10. Prueba de T Student – Potencial Eléctrico Periódico (8 – 4 horas)..	50
Tabla N° 11. Prueba de Normalidad – Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 1V/cm.....	51
Tabla N° 12. Prueba de T Student – Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 1V/cm.....	51
Tabla N° 13. Prueba de Normalidad – Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 2V/cm.....	52
Tabla N° 14. Prueba de T Student – Potencial Eléctrico Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 2V/cm.....	53
Tabla N° 15. Concentraciones de Plomo en el suelo y consumo de energía.....	54
Tabla N° 16. Prueba de normalidad – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 1V/cm	57
Tabla N° 17. Prueba de análisis de varianza (ANOVA) – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 1V/cm	57
Tabla N° 18. Prueba de Tukey – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 1V/cm	58
Tabla N° 19. Prueba de normalidad – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 2V/cm	60
Tabla N° 20. Prueba de análisis de varianza (ANOVA) – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 2V/cm	60
Tabla N° 21. Prueba de Tukey – Potencial Eléctrico constante y Periódico (32 – 16 y 8 – 4 horas), 2V/cm	61

ÍNDICE DE FIGURA

Figura N° 1. Fenómenos electrocinéticos.....	12
Figura N° 2. Fenómenos electrocinéticos – electroósmosis.....	13
Figura N° 3. Fenómenos electrocinéticos – electromigración.	14
Figura N° 4. Electrólisis en la matriz de suelo	15
Figura N° 5. Diseño de investigación pre prueba-post prueba	20
Figura N° 6. Procedimiento para el tamizado de las muestras de suelo.	25
Figura N° 7. Montaje Experimental.....	26
Figura N° 8. Secciones de muestreo de pH en la celda durante el tratamiento. ..	27
Figura N° 9. Secciones de muestreo de la concentración de plomo total y pH luego del tratamiento.....	27
Figura N° 10. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 1V/cm y potencial eléctrico constante	30
Figura N° 11. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 2V/cm y potencial eléctrico constante	31
Figura N° 12. Intensidad de corriente con gradientes de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico constante	31
Figura N° 13. Acumulación del volumen electroosmótico con gradiente de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico constante	32
Figura N° 14. Comportamiento del pH luego del tratamiento - potencial eléctrico constante.....	33
Figura N° 15. Concentraciones de plomo total en el suelo – potencial eléctrico constante.....	34
Figura N° 16. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 1V/cm y potencial eléctrico periódico (32 horas con energía y 16 horas sin energía eléctrica).....	37
Figura N° 17. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 2V/cm y potencial eléctrico periódico (32 horas con energía y 16 horas sin energía eléctrica).....	38
Figura N° 18. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 1V/cm y potencial eléctrico periódico (8 horas con energía y 4 horas sin energía eléctrica).....	39
Figura N° 19. pH durante el tratamiento con gradiente de tensión 2V/cm y potencial eléctrico periódico (8 horas con energía y 4 horas sin energía eléctrica).....	40

Figura N° 20. Intensidad de corriente con gradientes de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico periódico (32 horas con energía y 16 horas sin energía eléctrica).....	42
Figura N° 21. Intensidad de corriente con gradientes de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico periódico (8 horas con energía y 4 horas sin energía eléctrica).....	43
Figura N° 22. Acumulación del volumen electroosmótico con gradiente de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico periódico (32 horas con energía y 16 horas sin energía eléctrica).....	44
Figura N° 23. Acumulación del volumen electroosmótico con gradiente de tensión 1 y 2 V/cm, potencial eléctrico periódico (8 horas con energía y 4 horas sin energía eléctrica).....	45
Figura N° 24. Comportamiento del pH luego del tratamiento – potencial eléctrico periódico.....	46
Figura N° 25. Concentraciones de plomo total en el suelo – potencial eléctrico periódico.....	47
Figura N° 26. Concentraciones de plomo total de todos los tratamientos.	55
Figura N° 27. Reducción de las concentraciones de plomo total de todos los tratamientos.....	56
Figura N° 28. Medias de reducciones de las concentraciones de Plomo total en el suelo – Potencial eléctrico constante y periódico, 1V/cm.....	59
Figura N° 29. Medias de reducciones de las concentraciones de Plomo total en el suelo – Potencial eléctrico constante y periódico, 2V/cm.	62

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objeto, la reducción de la concentración de plomo total del suelo mediante la electroremediación utilizando el potencial eléctrico constante y periódico, este último consistió en ciclos de 32 horas (con energía eléctrica) y 16 horas (sin energía eléctrica), así como, 8 horas (con energía eléctrica) y 4 horas (sin energía eléctrica); además se trabajó con gradientes de tensión de 1 y 2V/cm, durante 8 días que duró el tratamiento. Se extrajo muestras de suelo del distrito de San Mateo de Huanchor, cuya concentración de plomo total inicial fue de 1188.54 mg/kg. Se usó electrodos de grafito, celda electrolítica, ácido acético a 0.5 M, fuente de energía eléctrica de 0 a 50V.

Después de trabajar con el potencial eléctrico constante a 1V/cm y 2V/cm se logró remover 52 mg/kg (4.4%) y 161.75 mg/kg (13.6%) de plomo total respectivamente. De todos los tratamientos, la electroremediación empleando un potencial eléctrico periódico con ciclos de 32 horas (con energía) y 16 horas (sin energía), presentó los mejores resultados de reducciones de las concentraciones de plomo total, estas fueron 164.21 mg/kg (13.8%) y 232.89 (19.6%) cuando se trabajó con 1V/cm y 2V/cm. La electroremediación usando un potencial eléctrico periódico con ciclos de 8 horas (con energía) y 4 horas (sin energía), registraron las peores reducciones de plomo, las cuales fueron 34.99 mg/kg (2.9%) para 1V/cm y 69.93 mg/kg (5.9%) en gradiente de tensión de 2V/cm. El gradiente de tensión 2V/cm en los distintos tratamientos, consiguió remover mayor concentración de plomo que 1V/cm. La electroremediación empleando el potencial eléctrico periódico, consumió menor energía eléctrica al compararlo con el potencial eléctrico constante; en la configuración con potencial eléctrico periódico con ciclos de 32 horas (con energía) y 16 horas (sin energía), el consumo de energía eléctrica disminuyó 27.6% (1V/cm) y 14.5% (2V/cm), y con el potencial eléctrico periódico con ciclos de 8 horas (con energía) y 4 horas (sin energía) redujo 28.4% (1V/cm) y 20% (2V/cm).

Palabras Clave: Contaminación, electroremediación, gradientes de tensión, plomo total, potencial eléctrico.

ABSTRACT

The present research study had as its object, the reduction total lead concentration by the electroremediation using the constant and periodic electrical potential, the latter consisted in cycles of 32 hours (with electrical energy) and 16 hours (without electrical energy), as well as, 8 hours (with electrical energy) and 4 hours (without electrical energy); in addition, worked with voltage gradients of 1 and 2V/cm for 8 days of treatment. Soil samples were extracted from the district of San Mateo of Huanchor, whose initial total lead concentration was 1188.54 mg/kg. Graphite's electrodes, electrolytic cell, acetic acid to 0.5M, source of electrical energy from 0 to 50V were used for this investigation.

After working with constant electrical potential at 1V/cm and 2V/cm was achieved remove 52 mg/kg (4.4%) and 161.75 mg/kg (13.6%) of total lead respectively. Of all the treatments, the electroremediation using an periodic electrical potential with cycles of 32 hours (with electrical energy) and 16 hours (without electrical energy), obtained the best results of reductions in the concentrations of total lead, these were 164.21 mg/kg (13.8%) and 232.89 (19.6%) when worked at 1V/cm and 2V/cm. The electroremediation using an periodic electrical potential with cycles of 8 hours (with electrical energy) and 4 hours (without electrical energy), recorded the worst reductions of lead, which were 34.99 mg/kg (2.9%) at 1V/cm and 69.93 mg/kg (5.9%) in voltage gradient at 2V/cm. The gradient of voltage 2V/cm in the different treatments, managed to remove the greater lead concentration than 1V/cm. The electroremediation periodic electrical potential, consumed less electrical energy than constant electrical potential; in the configuration with periodic electrical potential with cycles of 32 hours (with electrical energy) and 16 hours (without electrical energy), the consumption of electric energy decreased by 27.6% (1V/cm) and 14.5% (2V/cm), and with the periodic electrical potential with cycles of 8 hours (with electrical energy) and 4 hours (without electrical energy) reduced 28.4% (1V/cm) and 20% (2V/cm).

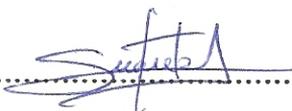
Keywords: Electroremediation, pollution, stress gradients, total lead, electrical potential.

Yo, Haydeé Suárez Alvites, docente de la Facultad Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

“REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO UTILIZANDO LA ELECTORREMEDIACIÓN CON POTENCIAL ELÉCTRICO CONSTANTE Y PERIÓDICO, SAN MATEO DE HUANCHOR, HUAROCHIRÍ, LIMA”, del estudiante CORNEJO MORALES ROUSVELT ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12 % 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, 24 de julio de 2017



Mg. Sc Ing. Haydeé Suárez Alvites

DNI: 07088154

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