



Universidad
Tecnológica
del Perú

Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Minas

Tesis:

**“Propuesta de sistema de tratamiento por
fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados
como parte del Plan de Cierre de Empresa minera
metalúrgica DA – CREIN S.A.”**

**JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS**

Para obtener el Título Profesional de:
Ingeniero de Minas

Asesora:
Dra. Ysabel Diaz Valencia

Arequipa – Perú

2022

“Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de Empresa minera metalúrgica DA – CREIN S.A.”

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
2	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1 %
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
6	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1 %
7	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %

DEDICATORIA:

Jheison Edgard Gordillo Tinoco

A mi madre Maritza Candelaria Tinoco Porras y a mi padre Edgard Wilman Gordillo Oviedo, por su paciencia, comprensión y sacrificio, siempre me impulsaron a seguir adelante, nunca rendirme ante cualquier adversidad y lograr todas las metas que me proponga.

José Luis Rodríguez Salas

Esta tesis la dedico a mis padres Vidal Rodríguez Loayza y Patricia Salas de la Torre, por su esfuerzo día a día, paciencia y amor incondicional, ya que gracias a ellos he podido realizarme profesionalmente. A mi hermana Noelia Rodríguez Salas por demostrarme que nada es imposible. Y dedicado al cielo a mis ángeles Jorge Antonio La Torre y Demetrio Diosdado Torres que guían cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO:

Jheison Edgard Gordillo Tinoco

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar mis pasos, a mi madre y padre por su apoyo incondicional, porque sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para mi superación, a su vez a la empresa Minero Metalúrgica Da-Crein S.A. por permitirnos realizar el trabajo de investigación.

José Luis Rodríguez Salas

Agradecer a la empresa Minero Metalúrgica Da-Crein S.A. por permitirnos realizar el trabajo de investigación. Al Gerente General Sr. Platón Luque, al Ingeniero Daniel Enríquez y a nuestra asesora Dra. Ysabel Díaz Valencia, por el apoyo prestado en el desarrollo de nuestra tesis.

RESUMEN

En la zona de Ocoña los relaves mineros auríferos son generados como residuo de la recuperación de oro por amalgamación y/o cianuración. Los relaves contienen elementos como arsénico, cianuro, mercurio, cobre, zinc, cromo, plomo, etc., que pueden ser considerados tóxicos para el ambiente y el ser humano, lo cual provoca que se incrementen los grupos poblacionales que se oponen a la actividad minera, postergando muchos proyectos extractivos de minerales. La empresa Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A., dedicada al acopio y transformación de minerales auríferos, se encuentra ubicada en Ocoña, iniciando sus operaciones en el año 2006 en el rango de pequeña minería, y busca alternativas de mejora en el manejo de residuos para cumplir el compromiso asumido en su proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Se propone un sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados por fitorremediación como parte del plan de cierre de la Empresa Minera Metalúrgica Da – Crein S.A., con las especies *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Caesalpinia spinosa* (Tara). En las muestras tomadas de distintos puntos de la relavera se determinó la presencia de cianuro, sólidos totales (ST) y metales en el relave a tratar, la tolerancia de las especies a diferentes concentraciones de relave durante 42 días de exposición, la capacidad de remoción óptima de metales de las especies vegetales a los 8, 16 y 32 días de exposición. En base a la información del proceso productivo y topografía proporcionada por la empresa DA-CREIN.S.A., se calculó el

volumen de relave a tratar por ciclo, la ubicación y distribución del sistema de tratamiento y la relación beneficio/costo de 4 alternativas planteadas. Dentro de los principales metales en la normativa peruana según el D.S 010-2010-MINAM, en los relaves, la concentración de cianuro se encuentra por debajo de los LMP (<0.5 mg CN-/Kg MS), los Sólidos Totales (94.74%) supera en 1.89 veces el valor establecido por la normativa (50%). El Arsénico (1248.86 mg/kg), Cadmio (17,562 mg/kg), Cobre (748,220 mg/kg), Cromo (0,1 mg/kg), Hierro (2 mg/kg), Mercurio (0.002 mg/kg), Plomo (0.2 mg/kg), Zinc (1.5 mg/kg) superan en 12,488.6; 351.24; 1496.44; 73.6; 17980.21; 200; 5300.45; 421.47 veces, respectivamente, los valores establecidos en los LMP. *E. crassipes* mantuvo el 50% de supervivencia frente al 75% de relave, y *C. spinosa* al 25% de relave, manteniendo el 25% de supervivencia al 50% de relave. *E. crassipes* muestra mayor capacidad de remoción a los 16 días por fitoextracción, y *C. spinosa* a los 32 días por fitoestabilización. En base a la topografía, fuente hídrica y volumen de relave por campaña, se diseña un sistema de tratamiento en bloques de andenes en 4 escenarios. Los escenarios 3 y 4 de cultivo directo de tara, presentan las mejores relaciones B/C de S/. 6.82 y S/. 2.85, respectivamente. Se concluye que el tratamiento de relaves por fitorremediación es eficiente en la reducción de metales por absorción de las especies en estudio *E. crassipes* y fitoestabilización con *C. spinosa*, siendo beneficiosa ambientalmente, económicamente rentable y sostenible en el tiempo.

Palabras Clave: Relaves cianurados, *Eichhornia crassipes*, *Caesalpinia spinosa*, Fitorremediación.

SUMMARY

In the Ocoña area, gold mining tailings are generated as waste from gold recovery by amalgamation and/or cyanidation. Tailings contain elements such as arsenic, cyanide, mercury, copper, zinc, chromium, lead, etc., which can be considered toxic to the environment and humans, which causes an increase in population groups that oppose mining activity, postponing many mineral extractive projects. The company Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A., dedicated to the collection and transformation of gold minerals, is located in Ocoña, starting its operations in 2006 in the range of small mining, and seeks alternatives to improve waste management to fulfill the commitment assumed in its Environmental Impact Assessment process. A treatment system for phytoremediation cyanide gold tailings is proposed as part of the closure plan of the Empresa Minera Metalúrgica Da – Crein S.A., with the species *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth) and *Caesalpinia spinosa* (Tara). In the samples taken from different points of the tailings was determined the presence of cyanide, total solids (ST) and metals in the tailings to be treated, the tolerance of the species to different concentrations of tailings during 42 days of exposure, the optimal removal capacity of metals of the plant species at 8, 16 and 32 days of exposure. Based on information of the production process and topography provided by the company DA-CREIN. S.A., the volume of tailings to be treated per cycle, the location and distribution of the treatment system and the benefit/cost ratio of 4 alternatives proposed

were calculated. Among the main metals in Peruvian regulations according to D.S 010-2010-MINAM, in tailings, the concentration of cyanide is below the LMP (<0.5 mg CN-/Kg MS), the Total Solids (94.74%) exceeds by 1.89 times the value established by the regulations (50%). Arsenic (1248.86 mg/kg), Cadmium (17.562 mg/kg), Copper (748.220 mg/kg), Chromium (0.1 mg/kg), Iron (2 mg/kg), Mercury (0.002 mg/kg), Lead (0.2 mg/kg), Zinc (1.5 mg/kg) outnumber by 12,488.6; 351.24; 1496.44; 73.6; 17980.21; 200; 5300.45; 421.47 times, respectively, the values set in the LMP. *E. crassipes* maintained 50% survival versus 75% tailings, and *C. spinosa* 25% tailings, maintaining 25% survival at 50% tailings. *E. crassipes* shows greater removal capacity at 16 days by phytoextraction, and *C. spinosa* at 32 days by phytostabilization. Based on the topography, water source and volume of tailings per cycle, a treatment system is designed in blocks of platforms in 4 scenarios. Scenarios 3 and 4 of direct tara cultivation, present the best B/C ratios of *S/*. 6.82 and *S/*. 2.85, respectively. It is concluded that the treatment of tailings by phytoremediation is effective in the reduction of metals by absorption of the species under study *E. crassipes* and phytostabilization with *C. spinosa*, being environmentally beneficial, economically profitable and sustainable over time.

Keywords: Cyanide tailings, *Eichhornia crassipes*, *Caesalpinia spinosa*, Phytoremediation.

INDICE

DEDICATORIA:	ii
AGRADECIMIENTO:.....	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	vi
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Pregunta principal de investigación.....	3
1.2.1. Preguntas secundarias de investigación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación	5
1.5. Alcances, y, Limitaciones	6
Alcances:.....	6
Limitaciones:	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Bases teóricas	7
2.1.1. Minería aurífera en el Perú	7
2.1.2. Minería aurífera en Ocoña	8
2.2. Proceso de producción	9
2.2.1. Planta Concentradora	9
2.2.2. Métodos de Recuperación	9
2.3. Pasivos ambientales Mineros – (PAMS).....	10
2.4. Plan de cierre de minas – (PCM)	10
A. Aspectos Legales.....	10
B. Tipos y Estructura del Plan de Cierre de Minas	11
2.5. Relaves Mineros	14
2.5.1. Manejo de relaves mineros	14
2.5.2. Métodos de depósito de relaves mineros	15
2.5.3. Métodos de tratamiento de relaves mineros.....	16
2.7. Fitorremediación	17

A.	Fitorremediación en Relaves Mineros	17
B.	Especies vegetales para fitorremediación.....	18
2.8.	Características de la zona de estudio	19
2.8.1.	Geología	19
2.8.2.	Hidrología	20
2.8.3.	Meteorología y Climatología.....	20
2.9.	Empresa Minera Metalúrgica Da-Crein S. A.	20
2.10.	Definiciones básicas.	22
CAPITULO 3		24
ESTADO DEL ARTE		24
CAPITULO 4		27
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		27
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	27
4.2.	Operacionalización de variables.....	28
4.3.	Línea de investigación de la UTP a la que responde la investigación propuesta	30
4.4.	Lugar y Fecha del desarrollo de la investigación.....	30
4.5.	Procedimientos, Técnicas de observación e instrumentos de colecta y procesamiento de datos.	31
4.5.1.	Visita a la planta de Concentración	31
4.5.2.	Recolección del relave aurífero cianurado	31
4.5.3.	Obtención de Material biológico.....	32
4.5.4.	Determinación de los parámetros basales del relave aurífero cianurado y las especies vegetales.....	36
4.5.5.	Determinación de la concentración máxima de relave tolerable por las especies <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Caesalpinia spinosa</i>	37
4.5.6.	Determinación del tiempo de tratamiento óptimo para la máxima remoción de metales por las especies vegetales empleadas.....	42
4.5.7.	Identificación de especies vegetales	45
4.5.8.	Condiciones ambientales de mantenimiento de los cultivos	45
4.5.9.	Descripción topográfica del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados.....	46
4.5.10.	Identificación y cuantificación de la disponibilidad hídrica en la planta concentradora para el proceso de tratamiento de relaves cianurados en base a fitorremediación.....	46
4.5.11.	Diseño del sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados, vinculado al proceso y tiempo de operación de la planta concentradora.....	46

4.5.12.	Determinación del costo de implementación del sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados.....	46
4.5.13.	Evaluación de la viabilidad del sistema en base al análisis del beneficio/costo.	47
4.5.14.	Diagrama de desarrollo de la Investigación.....	48
CAPITULO 5	.....	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	.....	49
5.1.	RESULTADOS.....	49
5.1.1.	Determinación de las características fisicoquímicas y volumen de relaves cianurados generados en la empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.	49
5.1.2.	Cuantificación del porcentaje máximo de concentración de relave tolerable por las especies <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Caesalpinia spinosa</i>	51
5.1.3.	Determinación del tiempo de tratamiento óptimo para la máxima remoción de metales por las especies <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Caesalpinia spinosa</i>	55
5.1.4.	Descripción de las características topográficas del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados.....	62
5.1.5.	Acondicionamiento de Andenerías.....	64
5.1.7.	Cálculos para el sistema de tratamiento de relaves con <i>C. spinosa</i>	73
5.1.8.	Identificación de la disponibilidad hídrica para el proceso de tratamiento de relaves cianurados en base a fitorremediación.	75
5.1.9.	Evaluación del beneficio/costo de la implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.	75
5.1.10.	Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.	83
5.2.	DISCUSION.....	85
CONCLUSIONES	.....	94
RECOMENDACIONES	.....	96
BIBLIOGRAFIA	.....	97
ANEXOS	.....	103

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Esquema del proceso de aprobación para la posterior implementación del PCM	13
Figura N°2. Mapa de ubicación del lugar de experimentación.....	30
Figura N°3. Vista de los tanques de recuperación y cancha de relave de la planta DA-CREIN.	31
Figura N°4. Esquema de patrón de muestreo sistémico en retícula.....	32
Figura N°5. Toma de muestras de relave aurífero cianurado de la planta DA-CREIN	32
Figura N°6. Especies vegetales utilizadas para fitorremediación	33
Figura N°7. Plantas de <i>E. crassipes</i> colectadas por el equipo de investigació	33
Figura N°8. <i>E. crassipes</i> ubicada en el canal de regadío de la zona de la Motobomba entre Cocachacra y Mejía	34
Figura N°9. Ubicación de la zona de colecta de esquejes de la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	34
Figura N°10. Material colectado distribuido en el lugar de experimentación.....	35
Figura N°11. Plantones de <i>Caesalpinia spinosa</i> “tara”.	35
Figura N°12. Ubicación del Vivero del Valle en Punta de Bombón, Islay.....	35
Figura N°13. Recolección de cáscara de arroz por el equipo de investigación, del Molino de Cocachacra	36
Figura N°14. Esquema de la técnica del cuarteo para la extracción de la muestra de suelo.....	36
Figura N°15. Toma de muestras para determinaciones basales.	37
Figura N°16. Infraestructura para experimentación en construcción.....	38
Figura N°17. Traslado de humedales artificiales a la infraestructura de experimentación.....	39
Figura N°18. Mezcla de sustrato para el cultivo de tara en la primera prueba experimental de supervivencia en relaves auríferos cianurados.	40
Figura N°19. Mezcla de sustrato para el cultivo de tara en las concentraciones de 0, 25,50,75 y 100% de relave.....	40
Figura N°20. Trasplante de plantones de tara en baldes con sustrato en diferentes concentraciones de relave.	41
Figura N°21. Instalación de plantones de tara trasplantados en baldes con sustrato en diferentes concentraciones de relave.	41
Figura N°22. Plantas de tara para segunda parte de experimento de fitorremediación....	43
Figura N°23: Cosecha de 8 días del cultivo de Humedales	43
Figura N°24. Cosecha de 16 días del cultivo de Humedales	44
Figura N°25. Cosecha de 32 días del cultivo de Humedales	44
Figura N°26. Cosecha de 32 días del cultivo de Tara.	45
Figura N°27. Diagrama del proceso del trabajo de tesis.....	48

Figura N°28. Plantas de jacinto de agua con concentración del 0% de relave, a los 42 días de tratamiento.....	52
Figura N°29. Plantas de jacinto de agua con concentración del 25% de relave, a los 42 días de tratamiento.....	53
Figura N°30. Plantas de jacinto de agua con concentración del 50% de relave, a los 42 días de tratamiento.....	53
Figura N°31. Plantas de jacinto de agua con concentración del 75% de relave, a los 42 días de tratamiento.....	54
Figura N°32. Plantas de jacinto de agua con concentración del 100% de relave, a los 42 días de tratamiento.....	54
Figura N°33. Plantas de tara con todas las concentraciones de relave. De derecha a izquierda 0, 25, 50, 75 y 100% a los 42 días de tratamiento.	54
Figura N°34. Concentración de Metales en solución de relave de los humedales de <i>E. crassipes</i> a los 0 y 16 días de tratamiento.	56
Figura N°35. Concentración de Metales en <i>E. crassipes</i> a los 0 y 16 días de tratamiento.....	57
Figura N°36. Concentración de Metales en sustrato con relave de <i>C. spinosa</i> a los 0 y 32 días de tratamiento.....	59
Figura N°37. Concentración de Metales en <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 0 y 32 días de tratamiento.	61
Figura N°38. Mapa topográfico de Empresa minero metalúrgica Da-Crein S.A.....	63
Figura N°39. Plano Propuesta de Fitorremediación Da-Crein S.A.	65
Figura N°40. Anden1.....	66
Figura N°41. Anden 1-A.	66
Figura N°42. Anden2.....	67
Figura N°43. Anden 3.....	67
Figura N°44. Anden 4.....	68
Figura N°45. Perfil Longitudinal Anden 1.....	68
Figura N°46. Perfil Longitudinal Anden 2.....	69
Figura N°47. Perfil Longitudinal Anden 3.....	69
Figura N°48. Perfil Longitudinal Anden 4.....	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1. Operacionalización de Variables.....	29
Cuadro N°2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la muestra de relave	37
Cuadro N°3. Concentración en peso/volumen de relave para humedales y proporción para sustrato de tara.....	38
Cuadro N°4. Concentración en peso/volumen de relave para humedales y proporción para sustrato de tara, para la segunda parte de la etapa experimental de fitorremediación.....	42
Cuadro N°5. Resultados de contenido de cianuro, sólidos totales y metales de relave de la planta DA-CREIN contrastados con la normativa vigente.....	50
Cuadro N°6. Cálculo del volumen de relave producido por campaña en la Planta Minero Metalúrgica Da-Creïn.	51
Cuadro N°7. Porcentaje de supervivencia de las especies <i>E. crassipes</i> y <i>C. spinosa</i> frente a diferentes concentraciones de relave aurífero cianuro. (%).....	51
Cuadro N°8. Acumulación de Metales en la especie <i>Eichhornia crassipes</i> y en la dilución de relave aurífero a los 0, 8,16 y 32 días de exposición	55
Cuadro N°9. Concentración de Metales en plantas de <i>Caesalpinia spinosa</i> y en suelos relave aurífero a los 0, 8,16 y 32 días de exposición.	58
Cuadro N°10.Coordenadas UTM – Planta de Beneficio Da – Creïn.....	62
Cuadro N°11.Cantidades de Corte y Relleno por anden (Programa Civil-3D).....	70
Cuadro N°12. Cantidades de Material a usar (Piedra 15” a 20”) por cada anden.....	71
Cuadro N°13.Capacidad de los andenes (m ³) por cada Bloque	71
Cuadro N°14.Volumen de relave requerido para humedales con <i>E. crassipes</i>	72
Cuadro N°15.Volumen de agua requerida para humedales con <i>E. crassipes</i>	72
Cuadro N°16.Número de “Jacintos de agua” por Bloque de humedales.....	73
Cuadro N°17.Proporción (v/v) de los componentes de sustrato para cultivo de tara por bloque	74
Cuadro N°18.Cálculo del número de plantones de tara por bloque.	74
Cuadro N°19.Costo de implementación de andenerías.	76
Cuadro N°20.Costo y Mantenimiento para implementación de <i>C. spinosa</i>	77
Cuadro N°21.Costo para instalación y mantenimiento de humedales.....	78
Cuadro N°22.Producción y comercialización de frutos de <i>C. spinosa</i>	79
Cuadro N°23.Obligaciones específicas para el desarrollo de las actividades Minero metalúrgicas se menciona las penalidades, según el D.S. 007-2012-MINAM	80
Cuadro N°24.Costo de Implementación y Mantenimiento de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A.....	82

Cuadro N°25.Ingresos de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A. por un periodo de 10 años.....	82
Cuadro N°26.Relación beneficio/costo de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A. por un periodo de 10 años.	82
Cuadro N°27.Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Primer Año.	83
Cuadro N°28.Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Segundo año.	84
Cuadro N°29.Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Tercer Año.	84

INTRODUCCIÓN

En la zona de Ocoña los relaves mineros auríferos son generados como residuo de dos procesos empleados en la recuperación de oro, amalgamación y cianuración. Estos métodos trabajan con mercurio y cianuro, respectivamente, cuya función es permitir que el oro se pueda disolver de los demás metales y alcanzar una pureza de hasta el 90%. [1]

Los relaves mineros auríferos son sólidos finos residuales, obtenidos del último proceso de recuperación de oro. Por ello, contienen elementos como arsénico, cianuro, mercurio, cobre, zinc, cromo, plomo, etc., que pueden ser considerados tóxicos para el ambiente y dentro de él, para el ser humano. [1]

La minería informal que se sitúa en el departamento de Arequipa provoca daño a los ecosistemas y desmedro de la calidad de vida, lo que repercute en la pérdida de áreas verdes, flora, fauna, contaminación de suelos y agua. Esta realidad hace que se incrementen los grupos poblacionales que se oponen a la actividad minera, postergando muchos proyectos extractivos de minerales. Dentro de este contexto, se hace imprescindible la formalidad de la pequeña minería y minería artesanal, para lo cual es requisito presentar el plan de cierre que garantice el tratamiento de residuos como los relaves, con la finalidad de no generar mayor número de pasivos ambientales. [2]

La fitorremediación, se define como el uso de especies vegetales y microorganismos con la finalidad de mejora y restauración de áreas afectadas. Es una biotecnología basada en procesos naturales de degradación y/o retención de los metales contaminantes. Asimismo, su costo es accesible, compatible con el ambiente y aceptada por la población. [3]

Por lo expuesto, esta técnica biológica (fitorremediación) es conveniente para tratar relaves auríferos cianurados en la zona de Ocoña, útil para descontaminación de los relaves, que además permitirá la recuperación de elementos minerales con fines de comercialización o reciclamiento en los mismos procesos mineros.

Por consiguiente, el trabajo de investigación tiene como finalidad proponer un sistema de tratamiento de relaves mineros auríferos cianurados en base a la Tecnología de la Fitorremediación, para la empresa Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el Perú la minería es una industria valiosa y con gran potencial minero en el país. Sin embargo, existen lugares donde los residuos mineros generan pasivos ambientales, generando contaminación ambiental que desencadena conflictos sociales con la población e interfiere con la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros. [4]

Dentro de los diferentes procesos de la explotación minera, para recuperación de metales preciosos, generan relaves potencialmente nocivos para poblaciones de vegetales y animales, incluyendo la población humana. [4]

Al permanecer sin tratamiento alguno, estos relaves pueden contribuir a incrementar a más de 7,668 (PAMs) registrados en el país hasta el año 2021. [5]

En minería aurífera, el uso de mercurio o cianuro es requerido para la recuperación del oro. La utilización de mercurio provoca emisiones gaseosas y su disgregación, ocasionando que la actividad sea contaminante y provoque impactos negativos a la salud. En el caso del cianuro, la contaminación se origina principalmente por un mal diseño de las canchas de relave que ocasionan filtraciones y/o por el tratamiento inadecuado o inexistente de los relaves. Dentro de esta problemática, las mineras artesanales y de pequeña escala que se han concentrado en seis zonas específicas

del país (Arequipa, Ica, Ayacucho, Madre de Dios, La Libertad, Puno), aportan significativamente al efecto negativo de la minería en el deficiente manejo ambiental. [4]

La pequeña minería y minería artesanal por tener una rentabilidad baja no pueden asumir eficientemente los compromisos de responsabilidad ambiental en el manejo de sus residuos a través de tecnologías basadas en procesos físicos y/o químicos por su costosa implementación. Por otro lado, para que estas labores consoliden la integración y sustentabilidad de su proceso productivo a través de su formalización, deben tener en cuenta un conjunto de directrices (desarrollo, implementación) que mantengan la política ambiental referida a la Gestión Ambiental exigida por el Estado para dicha formalización. [6]

El MEM (Ministerio de Energía y Minas) menciona que los procesos para la recuperación del mineral valioso, generan un elevado volumen de relaves mineros que tienen más de dos tercios del volumen de mineral original que ingresó *in situ*. Estos relaves se tienen que colocar en depósitos, diques, o canchas en forma económicamente factible, además de física y químicamente estable, para evitar los problemas ambientales y lograr el desarrollo minero sostenible. [7]

Por lo mencionado anteriormente, en actividades minero – metalúrgicas a escala pequeña y artesanal, se necesitan técnicas de manejo adecuadas mediante sistemas de tratamiento de relaves cuyo costo de implementación sea accesible a estos sectores y viables dentro de su plan de cierre.

Dentro de este contexto, DA-CREIN S.A. ubicada en la zona de Ocoña y, dedicada a la recuperación de oro mediante procesos de concentración con utilización de cianuro, busca la mejora continua de sus procesos para la ampliación de sus actividades requiriendo proyectar e implementar como parte de su Plan de cierre, un sistema de tratamiento de sus relaves cianurados, cumpliendo así con los compromisos adquiridos con el Estado Peruano (Notificación N°067-2017-GRA/ARMA/SGCA). [8]

Esto evidencia la oportunidad de vincular tecnologías de remediación ambiental como la fitorremediación, dentro de sistemas eficientes de tratamiento de relaves auríferos cianurados, que, al ser de bajo costo, puedan integrarse dentro del plan de cierre de diferentes labores mineras, como la Empresa Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A.

En la actualidad, la necesidad del tratamiento de relaves mineros es una problemática creciente. Existe extensa bibliografía que demuestra la existencia de diferentes trabajos de investigación buscando optimizar procesos físicos, químicos y biológicos, aplicables al tratamiento de relaves mineros con diferentes características fisicoquímicas.

Sin embargo, es escasa la bibliografía que refiera la aplicación de tratamientos biológicos como la fitorremediación, que son mucho menos costosos que los físicos y químicos, dentro de sistemas eficientes de tratamiento de relaves auríferos cianurados, implementados dentro del plan de cierre de labores minera-metalúrgicas.

Por lo explicado anteriormente, el propósito del trabajo de investigación es proponer un sistema de tratamiento de relaves mineros auríferos cianurados utilizando la tecnología de fitorremediación, viable dentro del plan de cierre de la Empresa Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A.

1.2. Pregunta principal de investigación

¿De qué manera un sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados en base a la Tecnología de la Fitorremediación, puede implementarse en la planta de beneficio DA-CREIN S.A. como parte de su plan de cierre?

1.2.1. Preguntas secundarias de investigación

¿Cuáles son las características fisicoquímicas y volumen de relaves cianurados generados en la empresa minero metalúrgica DA-CREIN?

¿Cuáles son las características topográficas del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados?

¿Cuál es el porcentaje máximo de concentración del relave tolerable por las especies *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa* que han reportado eficiencia en el tratamiento con relaves cianurados?

¿Cuál será la cantidad de metales removidos por las especies a los 08, 16 y 32 días de tratamiento de los relaves?

¿Cuál es la disponibilidad hídrica para el sistema de tratamiento por fitorremediación?

¿Cuál es el Beneficio–Costo de la implementación del sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados propuesto?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar la propuesta de un sistema de tratamiento de relaves mineros auríferos cianurados en base a la Tecnología de Fitorremediación, para la Empresa Minero Metalúrgica DA-CREIN S.A como parte de su plan de cierre.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y volumen de relaves cianurados generados en empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.
- Describir las características topográficas del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados.
- Cuantificar el porcentaje máximo de concentración de relave tolerable por las especies *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa* que han reportado eficiencia en el tratamiento con relaves cianurados.
- Cuantificar el tiempo de tratamiento óptimo para la máxima remoción de cianuro por las especies vegetales empleadas.
- Identificar la disponibilidad hídrica en empresa minero metalúrgica para el proceso de tratamiento de relaves cianurados en base a fitorremediación.

- Evaluar el beneficio - costo de la implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica de la empresa Minero Metalúrgica DA CREIN S.A.

1.4. Justificación

Económicamente la biotecnología que propone aplicar la presente investigación, al ser de bajo costo, hace que la propuesta sea factible de integrarse dentro del plan de cierre de mineras artesanales y de pequeña escala. Ello permitirá contribuir a alcanzar la formalización de estas labores al cumplir con la normativa del Estado Peruano, evitando sanciones económicas por impactos negativos a la salud y al ecosistema natural.

Desde la perspectiva socio ambiental, la propuesta y posterior ejecución del sistema de tratamiento de relaves en base a la fitorremediación, contribuye a disminuir los conflictos sociales, demostrando a la población que la minería y la conservación del medio ambiente no son incompatibles.

Asimismo, la recuperación de las áreas contaminadas con relaves es adecuada para que sean utilizadas en otro tipo de actividad económicamente productiva, una vez terminada la actividad extractiva de mineral. Como consecuencia, la población dependiente de la actividad minera, no se verá perjudicada en la necesidad de saciar sus obligaciones básicas.

Desde la perspectiva técnico-científica, la propuesta de integrar un sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves cianurados, permite la integración y aplicación de una tecnología ambientalmente amigable y validada académicamente, dentro de la práctica de las actividades extractivas de minerales, demostrando la necesidad de contar con estudios para identificar las especies adecuadas a ser utilizadas con la finalidad de moderar los impactos negativos en minería y así aportar a su sostenibilidad.

Por último, en lo que respecta al medio ambiente, aporta a la seguridad de suelo, agua, ecosistema y como consecuencia, a la calidad de vida de poblaciones aledañas. Asimismo, su pertinencia se basa en que las actividades mineras no solo provienen de varios años en producción, sino que se proyectan hacia el futuro, por lo que crear opciones para minimizar los impactos causados por las actividades minera-metalúrgicas es primordial.

1.5. Alcances, y, Limitaciones

Alcances:

El trabajo se circunscribe a desarrollar una propuesta sostenible de tratamiento de relaves auríferos cianurados por medio de fitorremediación con las especies *Eichhornia crassipes* y/o *Caesalpinia spinosa* considerando las características climáticas, topográficas y disponibilidad hídrica de la Empresa Minera Metalúrgica Da-Crein S.A.

Limitaciones:

La propuesta no es aplicable a relaves de diferente naturaleza, ya que no todos contienen las mismas concentraciones y tipos de metales pesados. Asimismo, no se puede garantizar que la aplicación de la propuesta en otras empresas afines tenga los mismos resultados, dado que las formaciones de los macizos tienen características diferentes de acuerdo a la zona, y los procesos utilizados para la recuperación de mineral valioso, también son diferentes.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Minería aurífera en el Perú

La actividad extractiva de minerales es considerada como la principal fuente de ingreso económico del país. El oro, el cobre y plata, como también otros metales, constituyen un pilar en la minería peruana, al ser un país con gran variedad mineralógica se llegan a encontrar distintos depósitos metálicos que vienen siendo explotados desde la antigüedad. [9]

El cateo y la prospección minera en el Perú se centró en la investigación de nuevos afloramientos de minerales, donde fueron halladas nuevas canteras con más de 40 elementos metálicos y no metálicos. [9]

Entre las zonas con mayor extracción aurífera en el Perú, se debe mencionar a Madre de Dios que cuenta con diversas concesiones mineras. En la cuenca del río Colorado se tiene 659 concesiones dentro de un área de 16,637.19 hectáreas de explotación, en las cuales se encuentran concesiones tituladas y en trámite de titulación. [10]

En el Río Inambari existen aproximadamente 876 concesiones entre tituladas y en trámite de titulación, dentro de un área 7,457.81 hectáreas de explotación. Asimismo, en la cuenca del río Tambopata se hallan 205 concesiones entre tituladas y en trámite de titulación en un área de 897.36 ha de explotación. También en la cuenca del río

Madre de Dios se cuenta con 1,260 concesiones entre tituladas y en trámite de titulación en un área de 9,203.32 ha. de explotación. [10]

2.1.2. Minería aurífera en Ocoña

En la región de Arequipa, al sur del Perú, se encuentra el río Ocoña, en el cual se localizan distintos campamentos mineros que trabajan de forma artesanal y explotan oro. Existen muchos yacimientos auríferos ubicados en la franja Nazca-Ocoña, que presentan nuevas proyecciones mineras desde el norte hasta el sur en Arequipa, encontrándose oro, plata y cobre. [11]

El mineral aurífero se encuentra en vetillas estrechas con presencia de pirita, calcopirita y galena. Se clasifican como depósitos hidrotermales de cuarzo-oro, siendo el cuarzo el que tiene más presencia, después la pirita, arsenopirita y oro nativo, en distintos afloramientos de la zona. [11]

Para la recuperación de metales se utiliza la amalgamación con mercurio y cianuro, en algunos casos se utilizan retortas dentro de las viviendas de los mineros. El empleo de mercurio se realiza sin control en absoluto, lo que causa una contaminación al ambiente en la zona. [11]

El uso del mercurio para la recuperación de Au se realiza mediante quimbaletes y retortas que además concentran el oro mediante una amalgama con mercurio, posteriormente esta amalgama es procesada en una retorta para recuperar el oro, en cambio para la utilización del cianuro en la obtención de oro en Ocoña, se realiza con distintos procedimientos, el más usado es el de lixiviación en tanques con carbón activado. Luego, se presentan diferentes métodos, mediante tanques de cianuración, percolación directa y peletización. Todos los métodos de obtención usan carbón activado y el método de percolación no es aplicable para minería artesanal. [11] .

2.2. Proceso de producción

2.2.1. Planta Concentradora

Se inicia con el proceso de concentración cuyo material inicial es el mineral chancado procedente de la mina y reducido a dimensiones seleccionadas. Posteriormente, se reduce a tamaños óptimos con el uso de tambores rotativos como molino de bolas, luego se mezcla con agua formando lodo. La lixiviación extrae las partículas con mineral, y, desecha las partículas sin mineral generando residuos que forman el relave, el relave se considera un componente manufacturado y sus características químicas varían dependiendo de la geoquímica de la mina. En el Perú las propiedades fisiográficas demuestran una gran variedad geológica y mineralógica, esto afecta directamente o indirectamente a la minería, en las exigencias de manejo de relaves, que se diferencian como relaves sólidos y drenajes ácidos. [12]

2.2.2. Métodos de Recuperación

Los procesos de lixiviación para minerales auríferos son de dos tipos: estáticos como son las pilas, y dinámicos. Ambos son empleados para minerales dóciles. En el caso de métodos estáticos se necesita que el mineral ofrezca buena permeabilidad y percolación, siendo el consumo de los lixiviantes similares al de por agitación. En cambio, debido a que es un proceso pausado requiere más tiempo y no es conveniente para minerales refractarios ya que su recuperación es baja y aumenta el consumo de reactivos. [13]

Para el caso de minerales en los que por su mineralogía no sea posible el procesamiento en pilas, el más apropiado es el proceso por agitación, debido a que posibilita manipular la adición de agentes oxidantes que en un sistema de pilas no se podría realizar. [13]

La empresa minera metalúrgica Da-Crein, los minerales auríferos son de distinta composición mineralógica, por lo que se aplica la agitación, ya que la dosificación de las sales es más homogénea y permite mejorar adecuadamente la reacción con los

elementos consumidores de cianuro y soda caustica, reduciendo el consumo de reactivos.

2.3. Pasivos ambientales Mineros – (PAMS)

PAM se refiere a las instalaciones, aguas residuales, emisiones, residuos o desechos generados por las operaciones mineras abandonadas o inoperativas, originando así peligros medioambientales y deterioro a la salud, a menudo, existe confusión sobre la necesidad de una regulación de responsabilidad ambiental y, a su vez, una regulación a su cierre, asimismo proteger al ambiente de contaminantes que potencialmente puedan generar las operaciones mineras que se encuentran abandonadas, paralizadas e inactivas, su propósito es prevenir, minimizar y reparar el daño ya causado y el riesgo de daño futuro, e incurrir en nuevos pasivos. [14]

Un aspecto clave es incorporar el plan de cierre de minas y asimilar sus costos en el plan de operaciones mineras, donde se incluirán todos los procesos desde la exploración hasta el cierre final. [14]

2.4. Plan de cierre de minas – (PCM)

El PCM es una herramienta de gestión ambiental, que tiene como principal objetivo establecer medidas y controles, con la finalidad de restablecer áreas afectadas. Así, el área trabajada será apropiada para el crecimiento de la vida y restauración de los paisajes del área dañada. [7]

A. Aspectos Legales

La ley reguladora del Cierre de Minas, Ley N°28090, decreta que toda unidad minera en actividad y/o cartera de nuevas inversiones mineras deberán preparar y sustentar su correspondiente plan de cierre de minas como fecha límite al primer año de ser aceptado el (EIA). Asimismo, está obligado a presentar un respaldo financiero el cual asumirá el coste del cierre. [7]

El ordenamiento del Cierre de Minas, aprobado por D.S. N°033-2005-EM, y su modificatoria en el D.S. N°013-2019-EM, dispone lineamientos y clausulas para la

descripción, verificación, aceptación y actualización del PCM. También señala la disposición y método para su realización, amortización del respaldo financiero y acompañamiento de labores in-situ posterior al cierre de mina. [7]

La ley General del Ambiente N°28611 del MINAM (Ministerio del Ambiente) en el Art.27 nos indica que los responsables de las empresas mineras tienen que asegurar que, al cese de actividades mineras, no habrá impactos negativos de gran magnitud, para ello deberán aplicar pertinentemente instrumentos de gestión ambiental dentro de leyes y normativas vigentes. [7]

El Reglamento de Protección Ambiental aprobado por el D.S. N°016-93 Energía y Minas, menciona que, para realizar el ejercicio minero, el titular está obligado a cumplir el compromiso de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para las presentes y futuras inversiones mineras, como también se tiene la responsabilidad de entregar un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) en toda unidad minera que esté operativa antes de publicada la norma. [7]

El Decreto Supremo 010-2010-MINAM, establecen los LMP para el “promedio en cualquier momento” en las actividades minero metalúrgicas cuyos valores son: Sólidos Totales en suspensión SST (50 mg/L), Cianuro total (1 mg/L), Arsénico (0,1 mg/L), Cadmio (0,05 mg/L), Cromo (0,1 mg/L), Cobre (0,5 mg/L), Hierro (2 mg/L), Plomo (0,2 mg/L), Mercurio (0,002 mg/L), Zinc (1,5 mg/L). [15]

B. Tipos y Estructura del Plan de Cierre de Minas

El plan de cierre de minas deberá ser un documento activo que progrese con el crecimiento y vida de la mina, proporcionando información verídica conforme se aproxime a su fin. Los datos reunidos de los indicadores ambientales que fueron colectados a lo largo del periodo de exploración hasta la ejecución, serán el apoyo para evitar contratiempos ambientales, y deben ser incluidos en el periodo de cierre de minas. [7]

Dentro de los diferentes tipos de plan de cierre de minas se puede mencionar:

Plan de cierre conceptual: Se formula al principio del proyecto el cual se remite al ente competente antes del montaje de la mina. La información proporcionada como mínimo deberá abarcar datos sobre temas ambientales y socioambientales, la preparación de los métodos que se aplicaran en el cierre, vida útil, calendario de actividades de cierre final, respaldo financiero, programa de post cierre y cierre a largo plazo. [16]

Plan de cierre detallado: Es un expediente que surge a partir de las nuevas modificaciones periódicas del plan de cierre. Se adapta a medida que avanzan las operaciones mineras, agregando sugerencias que posibilite acertar en los propósitos del cierre. La comparación con el plan conceptual es que sus propósitos son precisos, y orientados al análisis de riesgos ambientales, sugiere revisar el plan de cierre de manera periódica. [16]

Plan de cierre temporal: Es un acta que se debe entregar antes de un cierre, debido a los bajos costos de los metales preciosos, transición gubernamental, escasez de recursos hídricos, etc. Considera las acciones de supervisión, mantenimiento y cumplimiento pendientes para suspender las operaciones de la mina o planta de concentración por un tiempo determinado. La intención es mantener condiciones socio ambientales ideales durante la paralización de la mina. Si el trabajo paraliza su producción, el estado y las comunidades se verán afectadas por la falta de ingresos económicos, lo que conlleva a requerir una garantía económica complementaria. [16]

Plan de cierre anticipado: Significa el cese de los trabajos de una operación minera antes de culminar su vida útil, debido a eventos imprevistos, que podrían llevar a la mina a no retomar sus funciones. Bajo ninguna circunstancia permite omitir la auditoría final de cierre y la supervisión por el ente correspondiente. [16]

C. Aprobación e Implementación del PCM:

El proceso de aprobación para la posterior implementación del PCM, se presenta en la Fig. N°1.

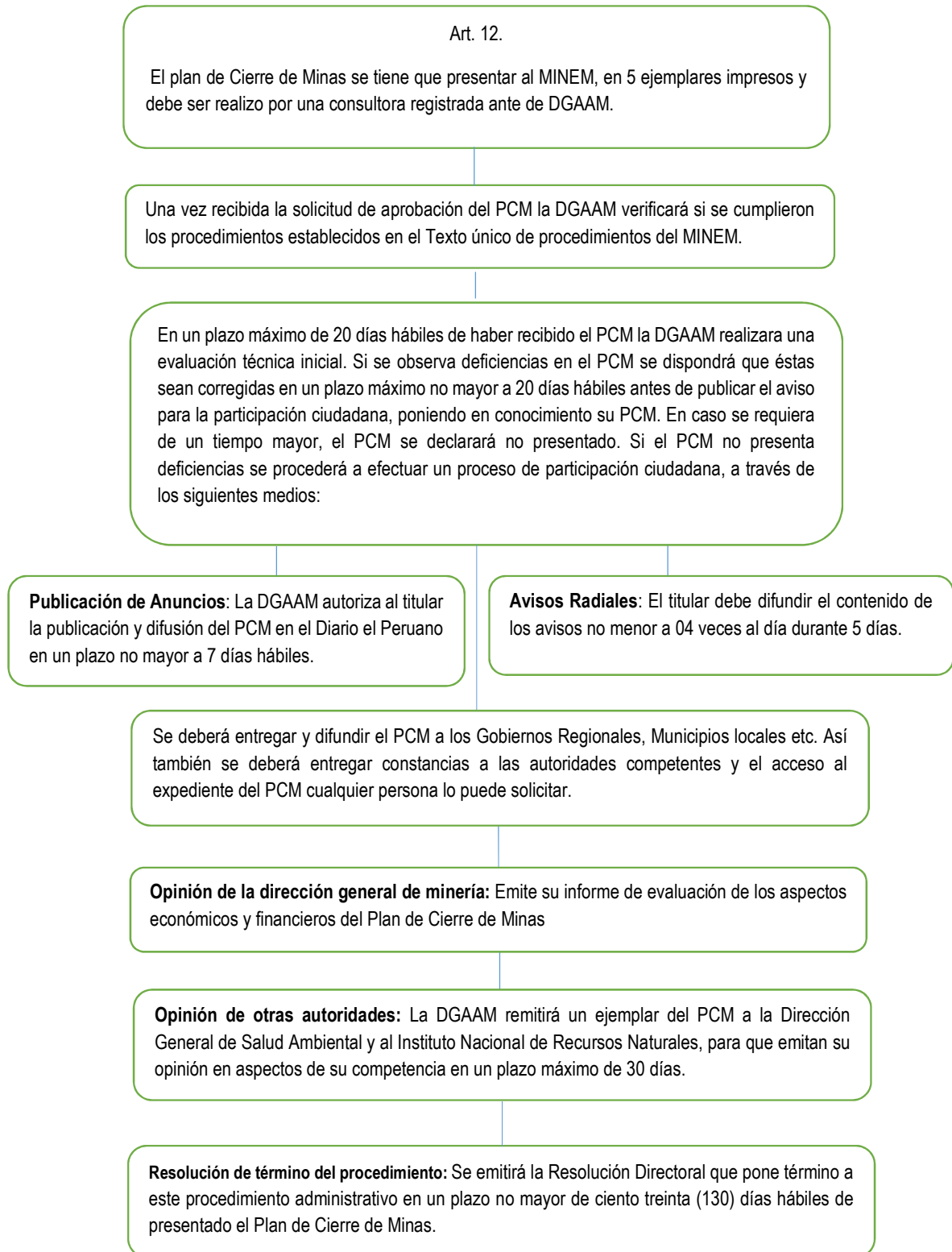


Figura N°1: Esquema del proceso de aprobación para la posterior implementación del PCM. Fuente: Elaboración Propia (2021).

2.5. Relaves Mineros

Son pulpas de las cuales se han extraído los valores minerales deseados utilizando químicos. Este residuo se presenta como una mezcla acuosa que contiene un 50% de agua el cual se traslada por medio de mangueras y tuberías. [17]

Los relaves mineros son depositados en plataformas, acumulados en represas y/o diques, elaborados con residuos de relave, desmonte o material de roca fragmentada.

Una vez almacenados los relaves en el área correspondiente, los desechos sólidos de los relaves se asientan en la parte baja, mientras que una parte del agua recircula y otro porcentaje se evapora. Mientras que los relaves son acumulados sirven para incrementar la altura de la presa de relaves. [17]

2.5.1. Manejo de relaves mineros

Los relaves se originan en las etapas de operaciones mina y concentración de minerales. Deben tener un manejo adecuado en consideración a que están conformados por una combinación minerales de ganga y minerales de baja ley, las cuales contienen concentraciones mínimas de metales pesados como el cianuro, mercurio, cobre y algunos metaloides como el boro, antimonio, telurio, etc. [18]

En los relaves siempre se encontrarán grandes concentraciones de químicos y algunos elementos que puedan llegar a ocasionar contaminación en el medio ambiente, por lo que en su disposición final son almacenados en tanques o pilas de relaves. [18]

En la antigüedad el manejo relaves se realizaba en ríos, lagos, riachuelos, etc. Con el paso de los años se aplican y surgen nuevas alternativas y tecnologías para la disposición de este material. Como consecuencia, del aumento y drenaje ácido que se origina a lo largo de la actividad minera, la etapa de cierre adquiere cada vez más importancia. [19]

En los últimos 10 años, el tema del manejo de los relaves ha generado una mayor preocupación en los habitantes de las poblaciones aledañas a las unidades mineras

en cuanto al tema ambiental. En el tema de manejo de relaves debemos considerar 2 etapas, las cuales son de operaciones y de post cierre. [19]

En el proceso de operación mina, los relaves se almacenan en presas con recirculación del agua nuevamente a la planta de concentración de minerales. En la etapa de post cierre de minas se pueden aplicar diferentes tratamientos, por lo cual esta etapa es la más difícil desde el enfoque socio ambiental y económico. [19]

El manejo de relaves en nuestro país es más complicado en comparación a otros países a nivel mundial. Esto se debe a las condiciones climáticas, topográficas y al riesgo sísmico, factores que incrementan el potencial contaminante de los cuerpos mineralizados altamente sulfurados generadores de drenajes ácidos. [12]

2.5.2. Métodos de depósito de relaves mineros

Método de Relaves Superficiales: Este método es versátil, económico y se basa en la deposición hidráulica de relaves, donde la pulpa de relaves se almacena en la parte inferior y los sólidos se asientan, permitiendo la recirculación del agua a la planta concentradora.

Método de Relaves deshidratados: el agua de la pulpa en los relaves se recupera con equipos como filtros tambor, centrífugos entre otros. El relave deshidratado podría ser transportado por fajas o camiones, aunque aún puedan contener una cierta cantidad de humedad aceptable.

Método de descarga espesada: Minimiza el área de la construcción de la relavera en las represas superficiales comunes, reduciendo costos de montaje de las presas de relaves. El requisito que presenta, es que se requiere un lugar de superficie plana y longitudinalmente grande.

Método Aplicando la construcción del muro (aguas arriba): El material se deposita en capas delgadas de 10 a 30 cm, permitiendo la evaporación casi total del agua, las capas se convierten en una mezcla espesa, esto impide la filtración de agua al suelo y subsuelo, favorece al escurrimiento de las aguas lluvia en superficie y disminuye la

emisión de polvo. Usa 30% menos de superficie y solo necesita de muros para delimitar el espacio que utiliza, ya que las características de la mezcla hacen que se contenga por sí misma. El agua que se recupere será reutilizada en otras etapas del proceso. [12]

2.5.3. Métodos de tratamiento de relaves mineros

En el Perú, se propone un recurso tecnológico denominado Método de Remediación de Procesamiento de desechos tóxicos, el cual incluye el tratamiento de relaves mineros por flotación, lixiviación y gravimetría. Este método implica técnicas de limpieza por flotación diferencial y por concentración con agentes remediantes para reducir la concentración de metales pesados. [20]

También existen métodos físicos y biológicos, pasivos y activos. Para el primero, se utiliza compost y humus, mientras que para el activo se utiliza una geomembrana semipermeable artesanal. Los resultados de estos métodos muestran que la remoción de metales pesados está por encima del 98% de efectividad a excepción del cobre con porcentajes menores de 90%. Este método se fundamenta en que el humus y el compost químicamente son polímeros de estructuras muy complejas que pueden servir como contenedores o adsorbentes para metales pesados. [21]

2.6. Biorremediación

La biorremediación, consiste en un proceso natural que involucra ecosistemas biológicos idóneos para remover contaminantes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente. Es una de las propuestas rentables para tratar los relaves provenientes de plantas concentradoras mineras. Los avances tecnológicos en la limpieza de zonas afectadas con metales pesados sugieren nuevas tecnologías basadas en el uso de organismos vivos para mitigar o reparar los problemas causados por actos que modifican el equilibrio de diversos ecosistemas. [3]

Del griego Phytoremedium que significa (planta-recuperar el equilibrio), la fitoextracción, dentro de la biorremediación es una alternativa rentable y sostenible

para el tratamiento de relaves mineros. Esta tecnología propone la absorción y transporte de metales pesados, desde la raíz hasta la parte superior de la especie vegetal, luego se poda y se quema. Existe un aproximado de 415 especies vegetales acumuladoras agrupadas en 45 familias con la posibilidad de absorber sustancias tóxicas. [3]

2.7. Fitorremediación

La fitorremediación es una tecnología de la biorremediación, que emplea especies vegetales, llamadas acumuladores e hiperacumuladoras (>1.000 mg/kg), que tienen la facultad de acumular, inmovilizar y/o desechar elementos tóxicos, a través de su metabolismo. [3]

A. Fitorremediación en Relaves Mineros

Las técnicas elegidas para superficies afectadas con metales pesados son: fitoextracción, fitoestabilización, fitodegradación, fitovolatilización, rizofiltración. [3]

La fitoextracción o fitoacumulación, implica la remoción y transmisión de contaminantes desde la raíz a la parte superior de las plantas, donde son cortadas, quemadas o recolectadas con el propósito de reciclar los elementos, pudiendo ser reutilizados, la fitoestabilización permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o, por precipitación en la zona de la rizósfera, resultando en la reducción de la movilidad de los contaminantes que evita su migración a las aguas subterráneas o al aire. Es efectiva en suelos con alto contenido de materia orgánica en terrenos extensos donde existe contaminación superficial, de menor costo, fácil de aplicar y estéticamente agradable. [3]

La fitorremediación es un procedimiento natural, seguro y rentable que permite la descontaminación el agua proveniente del beneficio del oro a través del proceso de cianuración. Entre las especies reportadas para el tratamiento de relaves auríferos están *Schoenoplectus tatora* “totora”, *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua”, *Rumex acetosa* “putacca”, *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata*, entre otras. [22]

B. Especies vegetales para fitorremediación

- *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua”

Extensa información reporta que *E. crassipes*, en estado de crecimiento controlado, es un sustituto eficiente y económico de los métodos de limpieza convencionales, ya que acelera la extracción y absorción de efluentes industriales y agrícolas contaminados con metales, compuestos orgánicos, inorgánicos y otros tóxicos.

Es capaz de remediar aguas en sitios contaminados como humedales, cuencas de ríos, estanques, acequias, alcantarillado, efluentes industriales, vertederos, etc.; que contienen metales peligrosos a través de las hojas, raíces y tejidos del bulbo, exhibiendo capacidades de Híper-acumulación de metales pesados. [23]

Asimismo, es adoptada por muchos investigadores y científicos para la fitorremediación debido a su fácil disponibilidad, eficacia, fácil aplicación y su capacidad de tolerancia a una amplia gama de contaminantes del agua. Es una planta libre de costo aplicable en una tecnología segura y ecológica. [24]

Ubicación taxonómica

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Sub Clase: Magnolioidae Novák ex Takht
- Orden: Commelinales Mirb. ex Bercht. & J. Presl
- Familia: Pontederiaceae Kunth
- Género: *Eichhornia* Kunth
- Especie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

- *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”

Es un arbusto leguminoso nativo de América del Sur que consta de vainas rojas o pálidas de 8 a 10 cm de largo. Crece ampliamente en la costa peruana y la región andina a una altitud de 1.000 - 2.900 m.s.n.m. [25]

Las vainas producidas por la planta de tara, al ser separadas y molidas son usadas para la obtención de Ácido Tánico, utilizado en Industrias Paleteras, farmacéuticas, químicas, arte, etc. A su vez las vainas al ser sometidas a un proceso térmico, se obtiene una goma de uso nutritivo a nivel mundial. [25]

En el año 1996 por Resolución (N° E.C.C: E-417) por la Comunidad Europea, se aprueba la comercialización de la goma de tara, para fármaco, maquillaje, uso industrial, entre otros. De esta forma, entró en el mercado de los hidrocoloides nutricionales como alternativa a la goma Algarrobo, que se produce en Europa. [25]

No existe aún reportes de la capacidad remediadora de la tara en sustratos con relaves cianurados, pero dada la tolerancia a metales pesados y su alto y prolongado potencial productivo, se presenta como una alternativa para el tránsito de la actividad económica extractiva de la minería aurífera a la actividad agroexportadora.

Ubicación taxonómica

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Sub Clase: Magnolioidae Novák ex Takht
- Orden: Fabales Bromhead
- Familia: Fabaceae Lindl
- Género: *Caesalpinia* L.
- Especie: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.

2.8. Características de la zona de estudio

2.8.1. Geología

La geología presenta rocas conformadas por dioritas, instruidas por granodioritas formando fracturas, las cuales se presentan con minerales acompañados por altos valores de oro, en la zona minera de Secocha. [26]

2.8.2. Hidrología

Entre los recursos hidrológicos importantes se menciona al Río Ocoña, que tiene un flujo de agua significativo para proyectos agrícolas e incluso sirve como vía navegable para los pescadores y pobladores de la zona. En la parte norte de Ocoña se forma la quebrada “Pescadores”, considerada una fuente acuífera. Al sur solo se hallan aguas subterráneas que pueden ser extraídas mediante sistemas de bombeo. [26]

El río Ocoña es la principal cuenca hidrográfica de la región, con un flujo continuo de agua durante todo el año destinada en gran parte para la agricultura y también para uso doméstico. Localmente fluye de norte a sur y aumenta significativamente durante el verano a causa de las fuertes precipitaciones en las zonas altas. [26]

2.8.3. Meteorología y Climatología

Tiene un clima cálido tipo desértico, con poca lluvia incluso en invierno a comparación del resto de la costa del Perú. La humedad del ambiente aumenta gradualmente hacia la costa debido a la presencia de niebla persistente, que en algunos casos limita la visibilidad casi por completo. [26]

En verano ocurren escasas precipitaciones pluviales y de marzo a setiembre la estación es árida. Una de sus mayores características es la ocurrencia de fuertes vientos con rumbo OE. La temperatura media anual es de 15°C, en invierno 10°C y en verano llega a 32°C. [26]

2.9. Empresa Minera Metalúrgica Da-Crein S. A.

La Planta concentradora de la Empresa Minera Metalúrgica Da-Crein S.A., es una planta de acopio de mineral, que usa el método de lixiviación por agitación en tanques con cianuro. De acuerdo a lo reportado por el Ing. Daniel Enríquez, presidente de Directorio Da-Crein S.A. (comunicación personal) el proceso comprende las etapas que se describen a continuación:

- **Recepción y pesaje del mineral:** Acopian el mineral de distintas unidades mineras sean del sector y/o anexos. Utilizan una balanza con una capacidad para 50 TM. Una

vez recepcionado el mineral de los proveedores, se les hace entrega de un ticket con el peso neto del mineral seco en bruto.

- **Chancado Primario:** Con una chancadora de quijada de 10x16", el mineral entra con 3" a 4" y se reduce a 1". Tamaño óptimo para seguir con el proceso de concentración.
- **Chancado Secundario:** Luego de pasar por la chancadora primaria el proceso continúa con la reducción del mineral a 3/8". Éste es el producto final del chancado.
- **Faja Transportadora:** El muestreo del material se realiza en la faja transportadora, método que ellos denominan Corte en faja. Se procede a preparar un blending (mezcla) que es mineral de alta ley y mineral de baja ley en proporción de 3:1 ó 2:1 dependiendo de la ley y valor encontrado en los análisis. Luego se deposita en la tolva de finos y se transporta por la faja transportadora al molino primario.
- **Molino Primario:** El molino primario es de una dimensión de 4x4". En él se realiza el proceso de clasificación mediante Hydrociclones que son los que clasifican la pulpa del mineral. Los minerales finos pasan para la descarga a los tanques de agitación, el resto pasa al molino secundario para la remolienda. Una vez culminada la remolienda la pulpa clasificada pasa al tanque de agitación que es un circuito cerrado. Para este proceso se utiliza aproximadamente 1400 litros de agua por tonelada tratada.
- **Aditivos:** Para el proceso de concentración de minerales se utiliza el cianuro y la soda cáustica (3 kilos de cianuro y 1 kilo de soda cáustica por tonelada tratada).
- **Lixiviación:** El tanque principal tiene una dimensión de 20 x 20 pies, contiene carbón activado que es el agente que adsorbe el oro de la pulpa procesada. Los tanques son impulsados por hélices que hacen que el carbón activado recircule y tenga contacto con toda la solución que se encuentra dentro del tanque para una mayor efectividad.
- **Cianuración:** La lixiviación con cianuro se desarrolla desde la etapa de molienda este es un proceso de disolución de oro en soluciones alcalinas de NaCN. Se trata de una reacción electroquímica donde el oxígeno toma los electrones del oro en la

región del cátodo, mientras que el cianuro lo acompleja rápidamente alrededor de la región del ánodo, para así formar complejos solubles.

- **Adsorción:** El proceso consiste en mezclar el carbón activado con la solución sintética de oro (formula $Au(CN)_2$) en los tanques de agitación. El oro es adsorbido por el carbón activado sin ningún tipo de cambio químico, desde soluciones alcalinas involucrando el mecanismo del enlace iónico (Proceso en el que componentes cargados positiva o negativamente se adhieren y acumulan en la superficie).
- **Desorción:** El carbón cargado de oro es resorbido usando una solución de 0.1% de NaCN, 2% de NaOH y el 10% de alcohol en volumen/volumen, a una temperatura de 70°C a 90°C.
- **Electrodeposición:** La solución de adsorción seguirá el proceso de electrodeposición en celdas de electrólisis utilizando un cátodo de lana de acero, donde se depositará el oro.
- **Fundición:** La fundición del producto de la electrodeposición previa eliminación del hierro mediante ácido sulfúrico, seguirá en crisoles mediante llama directa. En el proceso se usan disolventes que separan el material no valioso y el metal valioso liquido es vaciado en depósitos con forma de lingotes.
- **Disposición de relaves:** Después del proceso de lixiviación, el residuo de pulpa, conformada por mineral de ganga y partículas de cianuro en agua, son depositadas en la relavera a partir del último tanque de lixiviación (Comunicación personal Ing. Daniel Enríquez – presidente de Directorio Da-Crein S.A.).

2.10. Definiciones básicas.

Método de flotación: La flotación de minerales es un proceso físico – químico, donde las partículas con mineral valioso se juntan a las burbujas de aire para separarlas de la ganga o mineral de baja ley, así se obtendrá el concentrado de oro mediante el uso de cianuro y soda cáustica. [27]

Blending: Es un proceso de mezcla de mineral de alta ley con mineral de baja ley, muy utilizado en minería que sirve para alcanzar el requerimiento de planta. En las unidades mineras existen tajos que tienen buen tonelaje y una ley apropiada, y también existen tajos de ley que de por sí estas satisfacen las necesidades requeridas para alimentar a la planta de concentración. [27]

Hidrociclones: Son equipos que se utilizan para la clasificación de la pulpa de mineral valioso, separando las partículas finas de las partículas gruesas, de tal manera que obtiene dos productos finales, las partículas gruesas sale por la parte inferior del hidrociclón para la alimentación en el molino de bolas y las partículas finas pasan por la parte superior hacia el proceso de lixiviación. [13]

Ley de mineral: Refiere al porcentaje de concentración de oro, plata, cobre, estaño entre otros, que está presente en las rocas y en el material mineralizado de un yacimiento minero. [13]

CAPITULO 3

ESTADO DEL ARTE

La biorremediación de suelos contaminados constituye una biotecnología de bajo costo cuyo objetivo es degradar, inmovilizar y/o extraer metales pesados sin ocasionar impactos negativos en el ambiente. [3]. Al respecto, [28], señala que la fitoextracción dentro de las estrategias de la fitorremediación (una técnica de biorremediación) de suelos con metales pesados, no solo se ha reportado para vegetales no comestibles, sino que también en vegetales comestibles como la lechuga, el calabacín, etc.; por lo que antes de comercializarlos se le hacen estudios, ya que pueden presentar alta absorción de metales. La habilidad de las plantas para absorber metales contaminantes está sujeta a factores como las propiedades acumulación o hiperacumulación de cada especie vegetal, la acidez del medio y la capacidad de tolerancia del vegetal. [29]. Así, como lo señala [30] las especies fitorremediadoras, toleran elevadas concentraciones de metales en el medio, crecen rápidamente y producen altos rendimientos de biomasa.

La presencia de metales pesados provoca en las especies estrés iónico (limitación en el crecimiento de la especie vegetal por indisponibilidad de nutrientes adheridos a otros elementos), claramente distinguible del estrés salino. Estos metales no afectarían el desarrollo de las especies. Un exceso de metales puede provocar alteraciones bioquímicas y fisiológicas entre las que se encuentran la del crecimiento de la raíz. [31]. Sin embargo,

[32] la fitorremediación se presenta como una alternativa potencial para el tratamiento de suelos con metales pesados, por medio de la fitoextracción y la fitoestabilización.

En los tratamientos más comunes de descontaminación de suelos con metales pesados se incluye la aplicación de sustancias orgánicas, para acortar el efecto de la contaminación durante la fitoextracción. [33]. Es así que, [34] señalan que la hiperacumulación es un proceso utilizado a lo largo de la evolución, tiene la capacidad de desarrollarse en suelos dañados y acumula cantidades elevadas de metales pesados.

Hay tres características principales que identifican a las plantas acumuladoras:

- Incremento de tasa de absorción de metales pesados.
- Raíces que realizan la absorción con brevedad.
- Capacidad de desintoxicar y acumular metales en sus hojas. [34]

Es por ello que, [35] indican que las plantas acumuladoras subsisten al contacto con metales. Presentan tolerancia a metales en sus raíces u hojas. Ciertas especies presentan altos niveles de acumulación de metales (como Cd, Co, Ni y Zn) en sus hojas mayores al 2% de su materia, por lo que se denominan plantas hiperacumuladoras.

La contaminación por mercurio en suelos, puede ser tratada con especies que acumulen metales en sus tejidos, esto ayudará a que el impacto sea menor para los ecosistemas y la salud. [36] Al utilizar la especie vegetal *Cecropia peltata* "guarumoy", expuesta a mercurio, presento índices altos de remoción, a su vez la remoción aumento de acuerdo al crecimiento de la especie. Así mismo, [37] los suelos con metales pesados presentan diversas limitaciones, ya que no tiene los valores esenciales para el establecimiento de plantas, lo que dificulta la recuperación de sitios afectados.

La necesidad de crear actividades productivas posterior al cierre de las operaciones mineras, es de vital importancia para la población económicamente dependiente de la misma. Así, la Unidad Minera Milpo y la comunidad campesina en Pasco, han trabajado en conjunto para promover la creación y la restauración de áreas dañadas, creando así negocios locales en la comunidad. Así también, la ex unidad minera Casapalca de

Centromin Perú, realizan actividades de Post Cierre de sus depósitos de relaves, mostrando una próspera cobertura vegetal con pastos de la zona, y realizan el mantenimiento de las obras hidráulicas. [38]. En ambos casos el empleo de plantas tolerantes a contaminantes y estabilizadoras de los mismos son utilizadas.

En el año 2017 se realizó remediación a 1067 pasivos ambientales en minería encargados por el MINEM a Activos Mineros S.A.C desde octubre del año 2006. Los PAMs en proceso de remediación se presentan en siete regiones del país: Huancavelica, Junín, Ancash, Lima, Pasco y Puno, estos PAM corresponden a relaveras, desmonteras, instalaciones abandonadas etc. [38]

La remediación de 24 plataformas en Michiquillay, cuenta con un presupuesto ascendente a S/. 9,995,114.49 (Nueve millones novecientos noventa y cinco mil ciento catorce 49/100 soles. De igual forma el complejo metalúrgico la Oroya tiene una inversión de S/. 4,767,949.69 (Cuatro millones setecientos sesenta y siete mil novecientos cuarenta y nueve con 69/100 soles.) [38]

La biorremediación puede realizarse *in situ* y *ex situ*. Son menos extensas *in situ*, puesto que involucran un número significativo menor de movimiento de materiales, pero a su vez requieren de tratamientos más largos y de menos control en comparación con las tecnologías *ex situ*. [39] Así, [40] señala que la biorremediación *in situ* permite la reposición del ecosistema, incremento de áreas verdes y mejora de hábitat de flora y fauna. Emplea una cubierta de 10cm de sustrato preparado de relave con cal, luego se coloca una capa de 5cm de cal agrícola y como tercer paso colocan una capa de 10cm de arcilla, para luego realizar la siembra de la especie vegetal mencionada.

CAPITULO 4

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo al tipo de investigación, corresponde al tipo aplicada debido a que se pone en práctica una tecnología probada científicamente, como estrategia para la solución de un problema práctico. [41] En el presente trabajo, se aplica la biotecnología de la fitorremediación a través de humedales artificiales con la especie *Eichhornia crassipes* y en sustrato sólido con la especie *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntz, reportadas como especies con capacidad de degradación de cianuro y tolerancia a la presencia de metales pesados, respectivamente. En base a los resultados se elabora una propuesta sostenible para el tratamiento de relaves mineros auríferos cianurados como parte del plan de cierre de la empresa minera metalúrgica DA – CREIN S.A.

El enfoque es cuantitativo, dado que las variables serán medidas directa e indirectamente con instrumentos de campo y laboratorio asignándoles un valor numérico. [41]. Las mediciones que se realizan en el presente trabajo corresponden a determinaciones de presencia y concentración de metales en el relave, sustrato y especies vegetales sujetos a tratamiento. Asimismo, mediciones topográficas en campo para posterior modelamiento del sistema de tratamiento propuesto.

El nivel o alcance de la investigación es correlacional – explicativo en la primera etapa, y descriptivo en la segunda etapa. El nivel correlacional pretende evidenciar la

existencia o no de una relación directa y/o indirecta entre dos o más variables. Mientras que el nivel explicativo pretende establecer la relación causa y efecto entre una variable independiente y otra dependiente. [41]. En la primera etapa del presente trabajo se supone una correlación entre el nivel de concentración de relave y la capacidad de tolerancia de las especies en estudio, basado en el porcentaje de supervivencia. Posteriormente se determina el tiempo de exposición de las especies a la concentración de relave tolerable, que permite la mayor remoción de metales por las especies en estudio.

El nivel descriptivo supone la caracterización de una o más variables de un evento, proceso o fenómeno bajo investigación, sin la intervención del investigador en la manipulación de la o las variables, por cuanto no considera la existencia de una variable independiente o dependiente. [41]. En la segunda etapa del trabajo de investigación se realiza la descripción topográfica del área destinada al tratamiento de relaves, así como del proceso de recuperación de oro que origina los relaves, con la finalidad de, con la data colectada, modelar la propuesta del sistema de tratamiento de relaves.

4.2. Operacionalización de variables

Permite la disgregación de variables en sus componentes observables y medibles, con la finalidad de definir las operaciones que permiten medir los componentes observables a través de sus indicadores, señalando el instrumento por medio del cual se realizará la medición. [41] En el Cuadro N°1 se muestra la Operacionalización de Variables.

Cuadro N°1. Operacionalización de Variables

Tipo de Variable	Dimensión	Subdimensión	Indicador	Parámetro/Nivel	Unidad
Independiente	Especie fitorremediadora: Especies vegetales reportadas por su capacidad de fitoextracción y/o fitoinmovilización de metales pesados.	<i>Eicchornia crassipes</i> , especie acuática silvestre de estrato herbáceo.	Densidad	Número de individuos/área	Und/m ²
		<i>Caesalpinia spinosa</i> , especie mesófito, silvestre o cultivada de estrato arbóreo y/o arbustivo.	Estado fenológico	Edad	meses
	Nivel de relave	Proporción de relave en el agua o sustrato de cultivo.	concentración de relave	0	%
				25	
Tiempo de exposición a relave		Días de cultivo	50	días	
			75		
Dependiente	Capacidad de fitorremediación	Tolerancia de especies al relave	Supervivencia	N° Plantas vivas/concentración de relave	Und/%
		Capacidad de remoción	Diferencia en concentración de metales antes y después de la exposición a relaves.	Concentración de metales en plantas/Tiempo de exposición. Concentración de metales en suelo o agua/tiempo de exposición.	ppm/día

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3. Línea de investigación de la UTP a la que responde la investigación propuesta

Línea de Investigación: Tecnologías para la mitigación de impactos ambientales y del cambio climático.

Línea de Investigación Específica: Diagnóstico y tratamiento de pasivos ambientales mineros.

4.4. Lugar y Fecha del desarrollo de la investigación

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas. La primera corresponde a la etapa experimental con el objetivo de encontrar la concentración de relave tolerable por las especies remediadoras *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa*. La segunda parte corresponde al levantamiento de información sobre las características del área destinada al tratamiento de relave dentro de la planta de concentración.

La primera parte del trabajo se realizó en Av. Kennedy 1307 Paucarpata, Arequipa, ubicada en las coordenadas 16°25'11.7"S 71°30'31.5"W (Fig. N°2), durante los meses de Julio del 2021 a febrero del 2022. La segunda etapa del trabajo se realizó entre los meses de marzo a mayo del 2022.



Figura N°2: Mapa de ubicación del lugar de experimentación. Fuente: COLLECTOR INFOCORP - Google Maps

4.5. Procedimientos, Técnicas de observación e instrumentos de colecta y procesamiento de datos.

4.5.1. Visita a la planta de Concentración

En el mes de octubre del 2020, se realizó la primera visita a la Planta DA-CREIN S.A. (Fig. N°3), previa coordinación con el Gerente General y el encargado de la planta. El objetivo de la visita fue conocer el proceso de recuperación de mineral realizado en planta, exponer nuestro tema de investigación y solicitar el permiso para desarrollar el proyecto.

En diciembre el 2020, la empresa DA-CREIN S.A. nos dio la respuesta afirmativa remitiéndonos el formato de **AUTORIZACIÓN** firmada por el representante legal de la empresa (Anexo 01).



Figura N°3: Vista de los tanques de recuperación y cancha de relave de la planta DA-CREIN. Fuente: Propia (2022)

4.5.2. Recolección del relave aurífero cianurado

Se colectó aproximadamente 370 kilos de relave, de la presa de relaves según la metodología descrita por la Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014) para muestreo de identificación (MI). Se aplicó el patrón de muestreo sistemático con un patrón de retículo (Fig. N°4), a una profundidad no mayor

de 30 cm. Se removió la parte superficial del suelo (5 cm), luego se extrajo el suelo de cada punto de muestreo. (Fig. N°5)

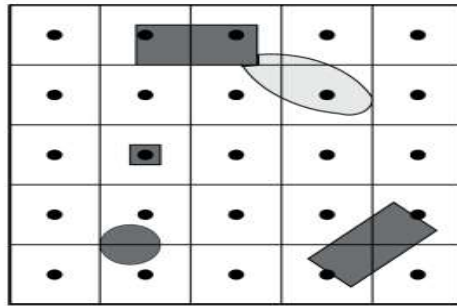


Figura N°4: Esquema de patrón de muestreo sistémico en retícula. Fuente: MINAM (2014)



Figura N°5: Toma de muestras de relave aurífero cianurado de la planta DA-CREIN. Fuente propia (2022)

4.5.3. Obtención de Material biológico

Se trabajó con brotes de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y plantones de 4 meses de edad de la especie *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) (Fig. N°6).



Figura N°6: Especies vegetales utilizadas para fitorremediación. Izquierda *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua”. Derecha *Caesalpinia spinosa* “tara” Fuente: http://diszhal.info/novenyek/images/Eichhornia_crassipes.jpg <https://agraria.pe/imgs/a/lx/exportacion-peruana-de-tara-crecio-19-entre-enero-y-agosto-d-17817.jpg> Consultado el 07 de mayo del 2021

El 07 de Julio del 2021 se realizó la colecta de las plantas de la especie *Eichhornia crassipes*, de modo manual considerando un tamaño uniforme y que las especies se encontrasen en buen estado, (Fig. N°7) en la zona llamada Motobomba entre Mejía y Cocachacra, Provincia de Islay, (Fig. N°8) en los canales de regadío ubicados en las coordenadas L.S. 17.121314 – L.O. 71.889518 (Fig. N°9).



Figura N°7: Plantas de *E. crassipes* colectadas por el equipo de investigación. Fuente: Propia.



Figura N°8: *E. crassipes* ubicada en el canal de regadío de la zona de la Motobomba entre Cocachacra y Mejía. Fuente: Propia.

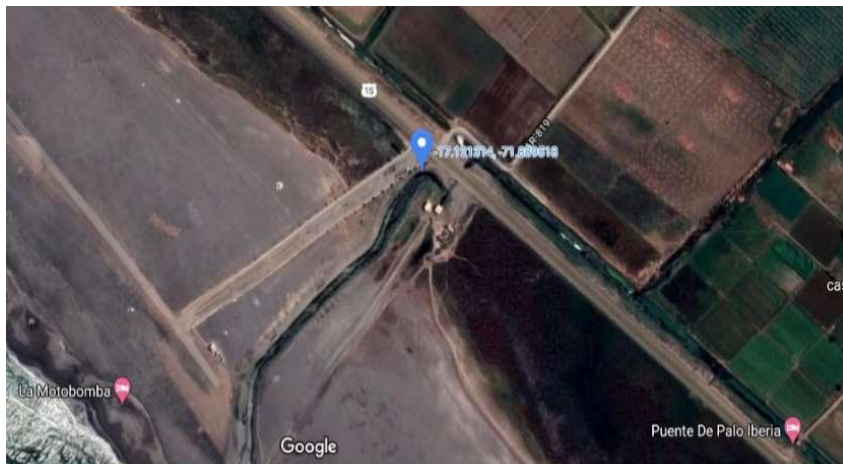


Figura N°9: Ubicación de la zona de colecta de esquejes de la especie *Eichhornia crassipes*. Fuente: Google Maps:

<https://www.google.com/maps/place/Santuario+nacional+Lagunas+de+Mej%C3%ADa/@-17.1209468,-71.8908559,750m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x9143fecf2faafc63:0xd9f8d4f36c9ab37!8m2!3d-17.1470818!4d-71.8615801> Consultado el 06/Mayo/2021

De retorno en Arequipa, las plantas colectadas fueron distribuidas en tinas con agua para su aclimatación (Fig. N°10).



Figura N°10: Material colectado distribuido en el lugar de experimentación. Fuente: Propia (2022).

El 10 de Julio del 2021 se realizó la adquisición de 20 plantones de *Caesalpinia spinosa* “tara” (Fig. N°11), de aproximadamente 4 meses de edad, del Vivero del Valle ubicado en Av. San Martín 135 Punta de Bombón del Valle de Tambo (Fig. N°12). Los plantones fueron recepcionados en Arequipa.



Figura N°11: Plantones de *Caesalpinia spinosa* “tara”. Fuente: Propia (2022).



Figura N°12. Ubicación del Vivero del Valle en Punta de Bombón, Islay. Fuente: <https://earth.google.com/web/@-17.17066265,-71.79616751,21.60367185a,469.81318389d,35y,101.33239956h,44.99660304t,0r/data=MicKJQojCiExQWZUR0U2b2tIQ180NDB3SXQxM0YyTHI6QmctTkILNng>

La recolección de cascarilla de arroz se realizó en el Molino ubicado en el mismo distrito de Cocachacra (Fig. N°13).



Figura N°13: Recolección de cáscara de arroz por el equipo de investigación, del Molino de Cocachacra. Fuente: Propia (2022).

4.5.4. Determinación de los parámetros basales del relave aurífero cianurado y las especies vegetales.

En el lugar de experimentación, se mezcló el relave extraído por cada zona y por la técnica del cuarteo se obtuvo una muestra de 1 kg (Fig. N°14). Las muestras fueron conservadas en bolsas de polietileno densas correctamente etiquetadas, e inmovilizadas dentro de contenedores para su transporte al laboratorio de análisis BHIOS y ALAB, (Fig. N°15), donde se realizaron las determinaciones de los parámetros descritos en el cuadro N°2.

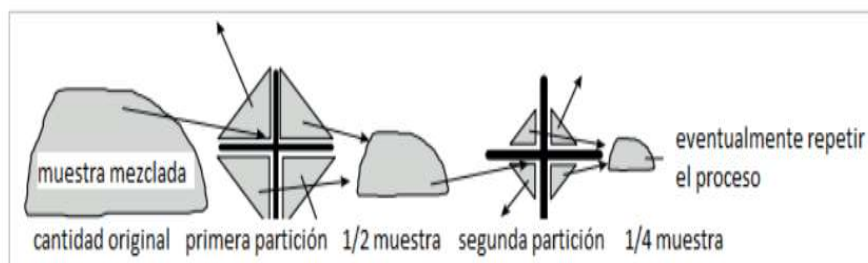


Figura N°14: Esquema de la técnica del cuarteo para la extracción de la muestra de suelo. Fuente: MINAM (2014)

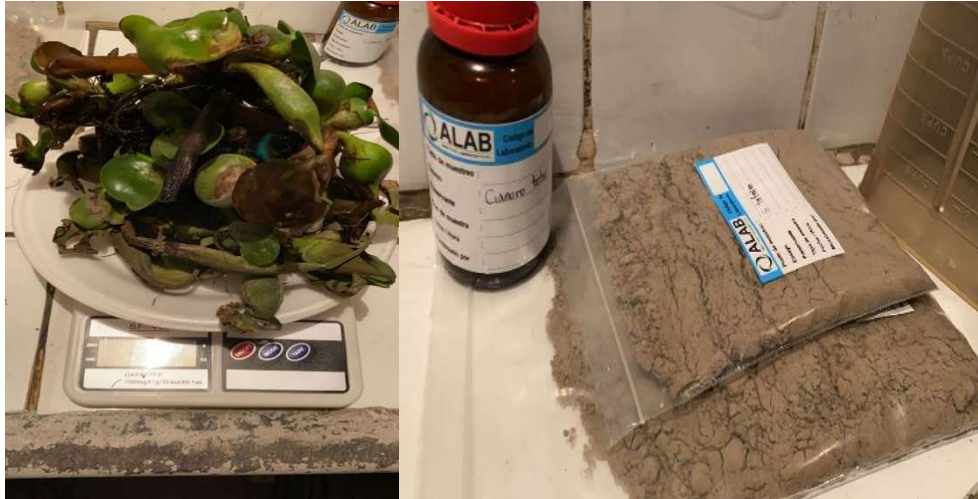


Figura N°15: Toma de muestras para determinaciones basal. Fuente propia (2022).

Cuadro N°2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la muestra de relave

PARÁMETROS	MÉTODO/ INSTRUMENTO
pH y C.E.	Multiparámetro
Arsénico, Cadmio, Cromo total, Plomo	EPA 3050 - EPA 3051
Cromo VI	EPA 3060 - EPA 7199 ó DIN EN 15192
Mercurio	EPA 7471 - EPA 6020 ó 200.8
Cianuro Libre	EPA 9013 - SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ó ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.5.5. Determinación de la concentración máxima de relave tolerable por las especies *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa*.

Para las plantas de jacinto de agua, se prepararon soluciones con el relave en las concentraciones de 100, 75, 50, 25 y 0% p/v (Cuadro N°3) con agua declorada, teniendo como referencia la consistencia de los relaves producidos y vertidos en la planta concentradora. Los contenedores con las plantas se colocaron en un soporte metálico de 4 niveles por 42 días, (Fig. N°16) y (Fig. N°17).

Cuadro N°3. Concentración en peso/volumen de relave para humedales y proporción para sustrato de tara

HUMEDALES	AGUA (L)	RELAVE (kg) (*)
Humedal 100%	8.0	2.0
Humedal 75%	8.0	1.5
Humedal 50%	8.0	1.0
Humedal 25%	8.0	0.5
Humedal 0%	8.0	0.0
CULTIVO DE TARA	MEZCLA ORGANICA (cáscara de arroz: guano de vaca y tierra vegetal – 1:1:1)	RELAVE
Sustrato 100%	0	4
Sustrato 75%	1	3
Sustrato 50%	2	2
Sustrato 25%	3	1
Sustrato 0%	4	0

(*) En base a la consistencia del relave liberado en la planta concentradora.

Fuente: Elaboración propia (2022).



Figura N°16: Infraestructura para experimentación en construcción. Fuente: Propia (2022).



Figura N°17: Traslado de humedales artificiales a la infraestructura de experimentación. Fuente propia (2022).

Para las plantas de tara, se prepararon sustratos con materia orgánica y relave en las concentraciones de 100, 75, 50, 25 y 0% (Cuadro N°3). La materia orgánica consistió en una mezcla de estiércol: cascarilla de arroz: tierra vegetal en la proporción 1:1:1 (v/v). El sustrato fue mezclado con relave en las concentraciones indicadas y colocado en baldes de 4 litros de capacidad a 3 cm del borde. Se plantó un plantón de tara de 5 meses de edad por cada balde. Después de 32 días, se registró el número de plantas vivas y en buen estado.

La concentración de 100% se calculó simulando la consistencia del relave efluente en planta. (Fig. N°18). Las mezclas para el sustrato de cultivo de tara, se prepararon por separado según las concentraciones del Cuadro N°3 (Fig. N°19).



Figura N°18: Mezcla de sustrato para el cultivo de tara en la primera prueba experimental de supervivencia en relaves auríferos cianurados.
Fuente propia (2022)



Figura N°19: Mezcla de sustrato para el cultivo de tara en las concentraciones de 0, 25,50,75 y 100% de relave. Fuente propia (2022)

Se consideraron 4 taras por cada concentración, haciendo un total de 20 baldes con una tara cada uno. (Fig. N°20). Los 20 baldes fueron llevados a la infraestructura de experimentación donde fueron observados diariamente y regados cada 3 días con aproximadamente 300 ml de agua (Fig. N°21).



Figura N°20: Trasplante de plantones de tara en baldes con sustrato en diferentes concentraciones de relave. Fuente propia (2022).



Figura N°21: Instalación de plantones de tara trasplantados en baldes con sustrato en diferentes concentraciones de relave. Fuente propia (2022).

4.5.6. Determinación del tiempo de tratamiento óptimo para la máxima remoción de metales por las especies vegetales empleadas.

Una vez obtenida la proporción máxima de relave tolerable por las especies vegetales tanto en solución como en sustrato, se preparó nuevamente los humedales a una sola concentración de 75% y el sustrato para la tara al 25% (Cuadro N°4), siguiendo el mismo proceso descrito en el punto anterior. (Fig. N°22). Para el caso de jacinto de agua, se colocó 30 individuos por contenedor y de tara se colocó un plantón por balde (Fig. N°23). Los tiempos de tratamiento probados fueron de 08, 16 y 32 días. (Fig. N°24). Después de cada periodo se determinó el contenido de metales en la solución de relave y sustrato tratado. (Fig. N°25 y 26)

Cuadro N°4. Concentración en peso/volumen de relave para humedales y proporción para sustrato de tara, para la segunda parte de la etapa experimental de fitorremediación.

HUMEDALES	AGUA (L)	RELAVE (kg)
Humedal 75%	8.0	1.5
CULTIVO DE TARA	MEZCLA ORGANICA (cáscara de arroz, guano de vaca, tierra vegetal – 1:1:1)	RELAVE
Sustrato 25%	3	1

Fuente: Elaboración propia (2022).



Figura N°22: Plantas de tara para segunda parte de experimento de fitorremediación. Fuente propia (2022).



Figura N°23: Cosecha de 32 días del cultivo de Humedales. Fuente propia (2022).



Figura N°24: Cosecha de 16 días del cultivo de Humedales. Fuente propia (2022).



Figura N°25: Cosecha de 8 días del cultivo de Humedales. Fuente propia (2022).



Figura N°26: Cosecha de 32 días del cultivo de Tara. Fuente propia (2022)

4.5.7. Identificación de especies vegetales

Las 2 especies vegetales en experimentación fueron presentadas al Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD), “Herbario Sur Peruano” (HSP), con el objetivo de solicitar la determinación oficial de identificación de las especies. El IMOD nos expide las respectivas constancias corroborando que se está trabajando con las especies *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “tara” (Anexo 02), y *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua” (Anexo 03).

4.5.8. Condiciones ambientales de mantenimiento de los cultivos

Los potes conteniendo las plantas de jacinto de agua y tara, se mantuvieron bajo condiciones de sombreadero con malla Rachell de 50% de sombra, temperatura ambiente de máx. $21 \pm 1^\circ\text{C}$ y min. $12 \pm 1^\circ\text{C}$, Humedad Relativa de 43%, Índice UV 11 (extremo) y fotoperiodo de 12/12 (día/noche). Los cultivos de tara fueron regados a capacidad de campo cada 3 días. Las plantas de Jacinto de agua fueron cultivadas en la solución correspondiente manteniendo constante el nivel de la solución reponiendo el agua perdida por evapotranspiración con agua declorada.

4.5.9. Descripción topográfica del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados

Los mapas y planos con las principales características físicas del terreno, fueron proporcionados por la empresa minera metalúrgica DA-CREIN. En base a la información proporcionada se realizó el levantamiento topográfico utilizando el programa (AutoCAD y Civil3D). Este levantamiento nos permitió elegir la ubicación adecuada para el Sistema de tratamiento de relaves y sus dimensiones.

4.5.10. Identificación y cuantificación de la disponibilidad hídrica en la planta concentradora para el proceso de tratamiento de relaves cianurados en base a fitorremediación.

En base a la información contenida en la RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N°2371-2017-ANA/AAA I-CO, [42], proporcionada por la planta DA-CREIN, se realizó el cálculo del volumen hídrico disponible y el proceso de utilización de agua dentro de la planta concentradora. Esto nos permitió identificar el volumen de agua disponible para el sistema de tratamiento de los relaves.

4.5.11. Diseño del sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados, vinculado al proceso y tiempo de operación de la planta concentradora.

Con los datos obtenidos en los puntos previos, se realizó el diseño del sistema de tratamiento de relaves que incluye el sistema de alimentación de humedales para jacinto de agua, área de cultivo de tara, sistema de riego, pozas de retención, entre otros. El funcionamiento del sistema será introducido dentro de los procesos de recuperación de oro de la planta concentradora con la finalidad que no genere perturbación o interferencia con las labores de la planta.

4.5.12. Determinación del costo de implementación del sistema de tratamiento de relaves auríferos cianurados.

Culminado el diseño del sistema de tratamiento, de acuerdo con el proceso de la planta concentradora y las características del área, se elaboró el presupuesto de

implementación considerando la necesidad de recursos materiales, biológicos y técnicos. Asimismo, se elaboró el cronograma de implementación del sistema de tratamiento de relave considerando todas y cada una de las actividades requeridas.

4.5.13. Evaluación de la viabilidad del sistema en base al análisis del beneficio/costo.

En base al presupuesto de implementación y mantenimiento del sistema de tratamiento, la proyección de la producción del cultivo de tara, y los beneficios de la mejora continua de la planta concentradora, se realizó el análisis del beneficio/costo que permite determinar la viabilidad del sistema de tratamiento de relave propuesto.

4.5.14. Diagrama de desarrollo de la Investigación

La secuencia de desarrollo de la investigación se presenta en la (Fig. N°27).

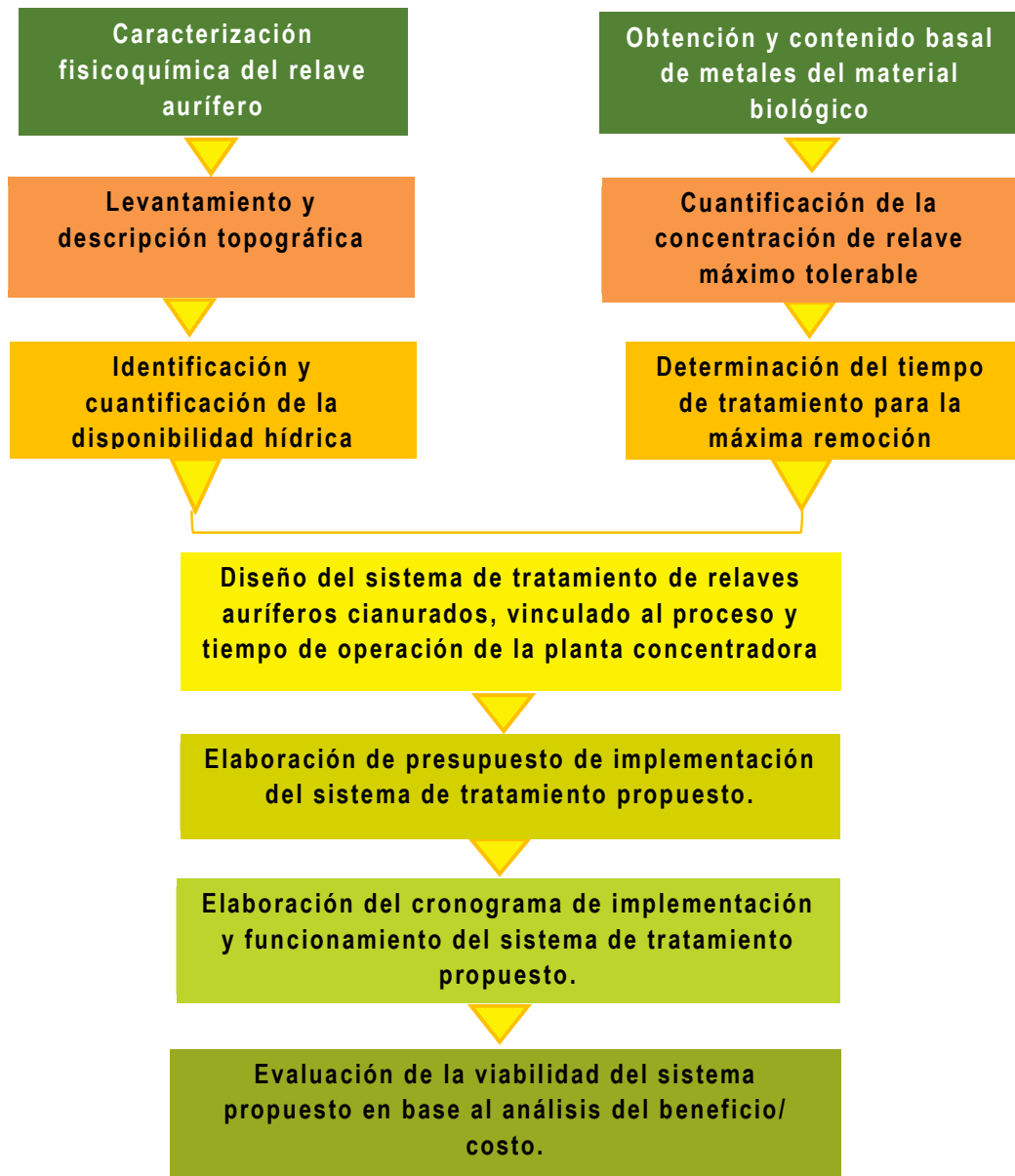


Figura N°27: Diagrama del proceso del trabajo de tesis. Fuente: Elaboración propia (2022).

CAPITULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Determinación de las características fisicoquímicas y volumen de relaves cianurados generados en la empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.

En el (Cuadro N°05), se muestra el resultado del contenido de Cianuro, sólidos totales y metales de los relaves cianurados auríferos de la Planta concentradora DA-CREIN (Anexo 4). Al comparar los valores del relave con los valores establecidos en la normativa de los LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. N°010-2010-MINAM), se observa que la concentración de Cianuro en el relave (<0.5 mg CN-/Kg MS), se encuentra por debajo de lo establecido en la normativa vigente (1 mg CN-/Kg MS). En contraste los valores de Sólidos Totales (94.74%) supera en 1.89 veces el valor establecido por la normativa (50%). El arsénico (1,248.86 mg/kg), Cadmio (17,562 mg/kg), Cobre (748,220mg/kg), Cromo (0,1mg/kg), Hierro (2 mg/kg), Mercurio (0.002 mg/kg), Plomo (0.2mg/kg), Zinc (1.5mg/kg) superan en 12,488.6; 351.24; 1,496.44; 73.6; 17,980.21; 200; 5,300.45; 421.47 veces, respectivamente, los valores establecidos en los LMP (Anexo 5).

Cuadro N°5. Resultados de contenido de cianuro, solidos totales y metales de relave de la planta DA-CREIN contrastados con la normativa vigente.

Determinación	Unidad	Resultado	Normativa
Cianuro	mg CN-/Kg MS	<0,5	1
Solidos totales	%	94,74	50
Aluminio ²	mg/Kg	3 705,67	
Antimonio ²	mg/Kg	<0,20	
Arsénico ²	mg/Kg	1 248,86	0,1
Bario ²	mg/Kg	38,75	
Berilio ²	mg/Kg	<0,03	
Bismuto ²	mg/Kg	2,66	
Boro ²	mg/Kg	<0,10	
Cadmio ²	mg/Kg	17,562	0,05
Calcio ²	mg/Kg	44 796,6	
Cerio ²	mg/Kg	0,75	
Cobalto ²	mg/Kg	10,37	
Cobre ²	mg/Kg	748,220	0,5
Cromo ²	mg/Kg	7,36	0,1
Estaño ²	mg/Kg	<0,10	
Estroncio ²	mg/Kg	83,19	
Fosforo ²	mg/Kg	536,00	
Hierro ²	mg/Kg	35 960,42	2
Litio ²	mg/Kg	0,031	
Magnesio ²	mg/Kg	4 096,59	
Manganeso ²	mg/Kg	1 309,54	
Mercurio ²	mg/Kg	<0,04	0,002
Molibdeno ²	mg/Kg	<0,10	
Níquel ²	mg/Kg	2,32	
Plata ²	mg/Kg	<0,10	
Plomo ²	mg/Kg	1 060,09	0,2
Potasio ²	mg/Kg	814,54	
Selenio ²	mg/Kg	<0,20	
Silicio ²	mg/Kg	346,44	
Sodio ²	mg/Kg	1 707,93	
Talio ²	mg/Kg	<0,04	
Titanio ²	mg/Kg	54,01	
Torio ²	mg/Kg	<0,03	
Uranio ²	mg/Kg	<0,03	
Vanadio ²	mg/Kg	9,47	
Zinc ²	mg/Kg	632,21	1,5

Fuente: Informe de ensayo: IE-21-13136 ALAB (2021).

En la empresa Minera Metalúrgica Da-Creïn cada ciclo de recuperación de oro por lixiviación tiene un tiempo aproximado de 6 días, y cada dos ciclos se considera una campaña con una duración de 15 días. En base a los datos proporcionados por Da-Creïn en el (Cuadro N°06), se muestra el cálculo del volumen de relave producido por campaña.

Cuadro N°6. Cálculo del volumen de relave producido por campaña en la Planta Minero Metalúrgica Da-Crein.

Tanques	Capacidad (m ³)	Horas	Densidad tn/m ³	Evaporación de Agua (m ³)	Recuperación de Agua (m ³)
T1 - 20x20	147.00	72	1.3	65	175
T2 - 14x15	102.90	24			
T3 - 10x10	73.50	12			
T4 - 10x10	73.50	12			
T5 - 10x10	73.50	12			
Ciclo	470.40	132		65+175=240 m ³	
Volumen relave por campaña		$470.40 - 240 = 230.40 \text{ m}^3 (\times 2) = \mathbf{460.80 \text{ m}^3}$			

Fuente: Información Propia (2022)

5.1.2. Cuantificación del porcentaje máximo de concentración de relave tolerable por las especies *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa*.

En el (Cuadro N°07), se presenta el porcentaje de supervivencia de las especies *E. crassipes* y *C. spinosa* frente a diferentes concentraciones de relave. Se observa que *E. crassipes* mostró mayor tolerancia frente al relave que *C. spinosa*, alcanzando el 50% de supervivencia a la concentración de 75% de relave, mientras que *C. spinosa* alcanzó el 50% de supervivencia a la concentración de 25% de relave.

Cuadro N°7. Porcentaje de supervivencia de las especies *E. crassipes* y *C. spinosa* frente a diferentes concentraciones de relave aurífero cianuro. (%)

RELAVE %	0	25	50	75	100
<i>E. crassipes</i>	100	100	75	50	25
<i>C. spinosa</i>	75	50	0	0	0

Fuente: Información Propia (2022)

En las concentraciones de 0 y 25 % de relave, la especie *E. crassipes* presentó el menor porcentaje de mortandad (Fig. N°28 y 29). En las concentraciones de 50 y 75% (Fig. N°30 y 31), el porcentaje de mortandad es mayor con respecto al anterior; en concentraciones de 100% (Fig. N°32) de relave la mortandad sube hasta un 75%. La especie *C. spinosa* en concentraciones de 100 y 75% mostró el mayor porcentaje de mortandad (>75%), en el porcentaje de 50% de relave, mostró más del 50% de mortandad. En las concentraciones de 0 y 25% fueron las que presentaron un menor porcentaje de mortandad (Fig. N°33).



Figura N°28: Plantas de jacinto de agua con concentración del 0% de relave, a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)



Figura N°29: Plantas de jacinto de agua con concentración del 25% de relave, a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)



Figura N°30: Plantas de jacinto de agua con concentración del 50% de relave, a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)



Figura N°31: Plantas de jacinto de agua con concentración del 75% de relave, a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)



Figura N°32: Plantas de jacinto de agua con concentración del 100% de relave, a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)



Figura N°33: Plantas de tara con todas las concentraciones de relave. De derecha a izquierda 0, 25, 50, 75 y 100% a los 42 días de tratamiento. Fuente: Propia (2022)

5.1.3. Determinación del tiempo de tratamiento óptimo para la máxima remoción de metales por las especies *Eichhornia crassipes* y *Caesalpinia spinosa*.

Los resultados (Cuadro N°8), muestran que el tiempo de mayor remoción de metales para *E. crassipes* es a los 16 días de tratamiento debido que a los 32 días se puede evidenciar incremento en el contenido de metales de la solución de relave, posiblemente vinculado al ciclo de vida de la especie en estudio.

Cuadro N°8. Acumulación de Metales en la especie *Eichhornia crassipes* y en la dilución de relave aurífero a los 0, 8,16 y 32 días de exposición

METAL	0 DIAS Ec	0 DIAS Sol	08 DIAS EC	08 DIAS Sol	16 DIAS EC	16 DIAS Sol	32 DIAS EC	32 DIAS Sol
Aluminio ²	107.5	43.370	63.5	13.943	130.2	16.489	148.4	28.897
Arsénico ²	<3.0	<0.0010	<3.0	<0.0010	<3.0	<0.0010	<3.0	3.1719
Cadmio ²	38.9	<0.0002	<0.3	<0.0002	<0.3	0.2359	1	<0.0002
Cobre ²	15.0	6.8785	23.6	5.8798	20.6	5.4590	31.7	8.6807
Cromo ²	<1.0	0.4270	<1.0	<0.0003	<1.0	<0.0003	<1.0	0.2567
Hierro ²	381.8	251.412	449.6	180.445	1128.2	172.939	1199.1	220.953
Mercurio ²	<3.0	<0.000100	<3.0	<0.000100	<3.0	<0.000100	<3.0	<0.000100
Plomo ²	<3.0	41.7129	34.2	20.5682	<3.0	24.3365	72.5	30.6965
Zinc ²	75.5	3.2898	28.6	5.2416	31.0	6.9316	57.9	8.9785

Fuente: Informe de Ensayo Bhios y Alab (En el anexo 6. al anexo 7) (2021).

Se puede evidenciar que, para el Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, se observó una remoción de 20.64% (6.88 a 5.46 mg/L), 99.93% (0.43 a <0.003 mg/L), 31.21% (251.41 a 172.94 mg/L), 41,66% (41.61 a 24.34 mg/L) respectivamente. En Cadmio se observó un incremento de más de 100 veces el contenido inicial (De <0.002 a 0.2359 mg/L), en Zinc se duplicó el contenido inicial (De 3.2898 a 6.9316 mg/L), mientras que en mercurio no se observó ningún cambio en la solución de relave (<0.0001) (Fig. N°34).

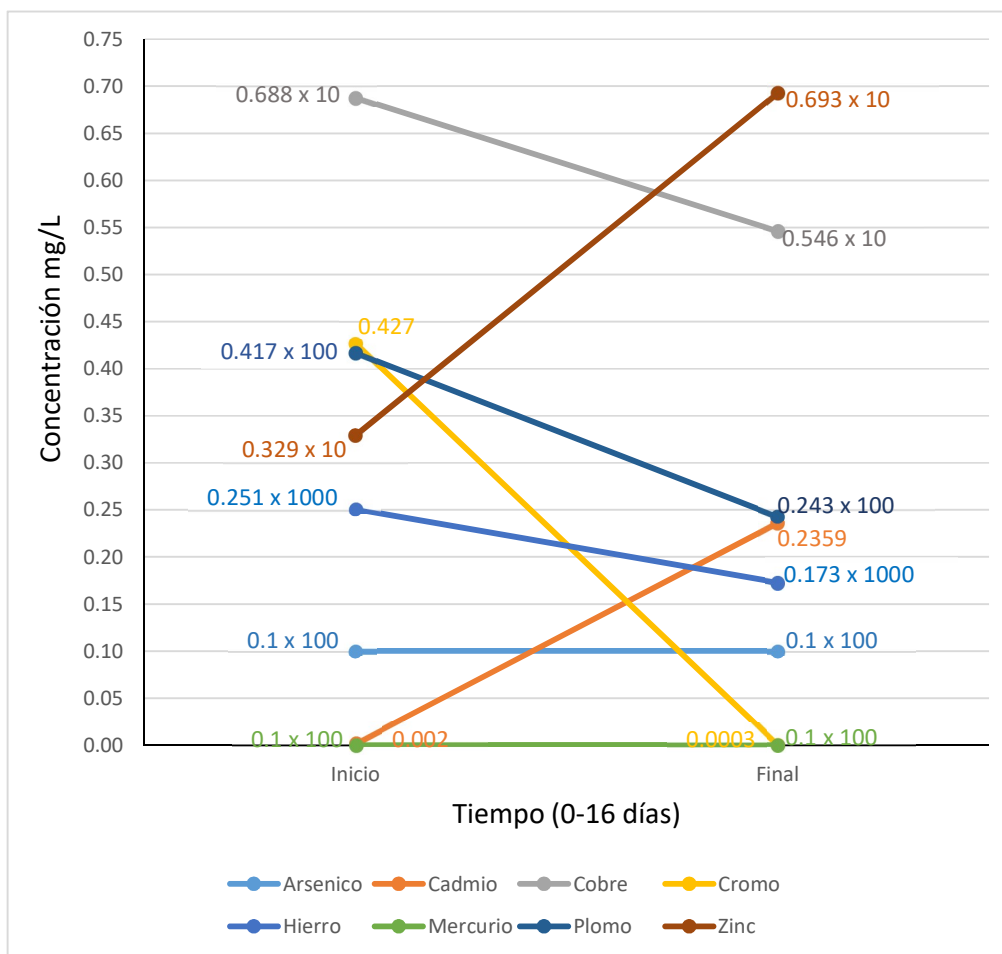


Figura N°34: Concentración de Metales en solución de relave de los humedales de *E. crassipes* a los 0 y 16 días de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia (2022)

La concentración de metales en las plantas de *E. crassipes* se correlaciona con la concentración observada en la solución de relave para los metales de Arsénico y Mercurio (que no mostraron variación), Zinc y Cadmio (cuya disminución en la planta se correlaciona con su incremento en la solución); Cobre y Hierro (cuyo incremento en la planta se correlaciona con su disminución en la solución). Mientras que no se observó correlación en la concentración de Cromo y Plomo ya que a pesar de disminuir en la solución no se observó variación en su concentración en las plantas (Fig. N°35).

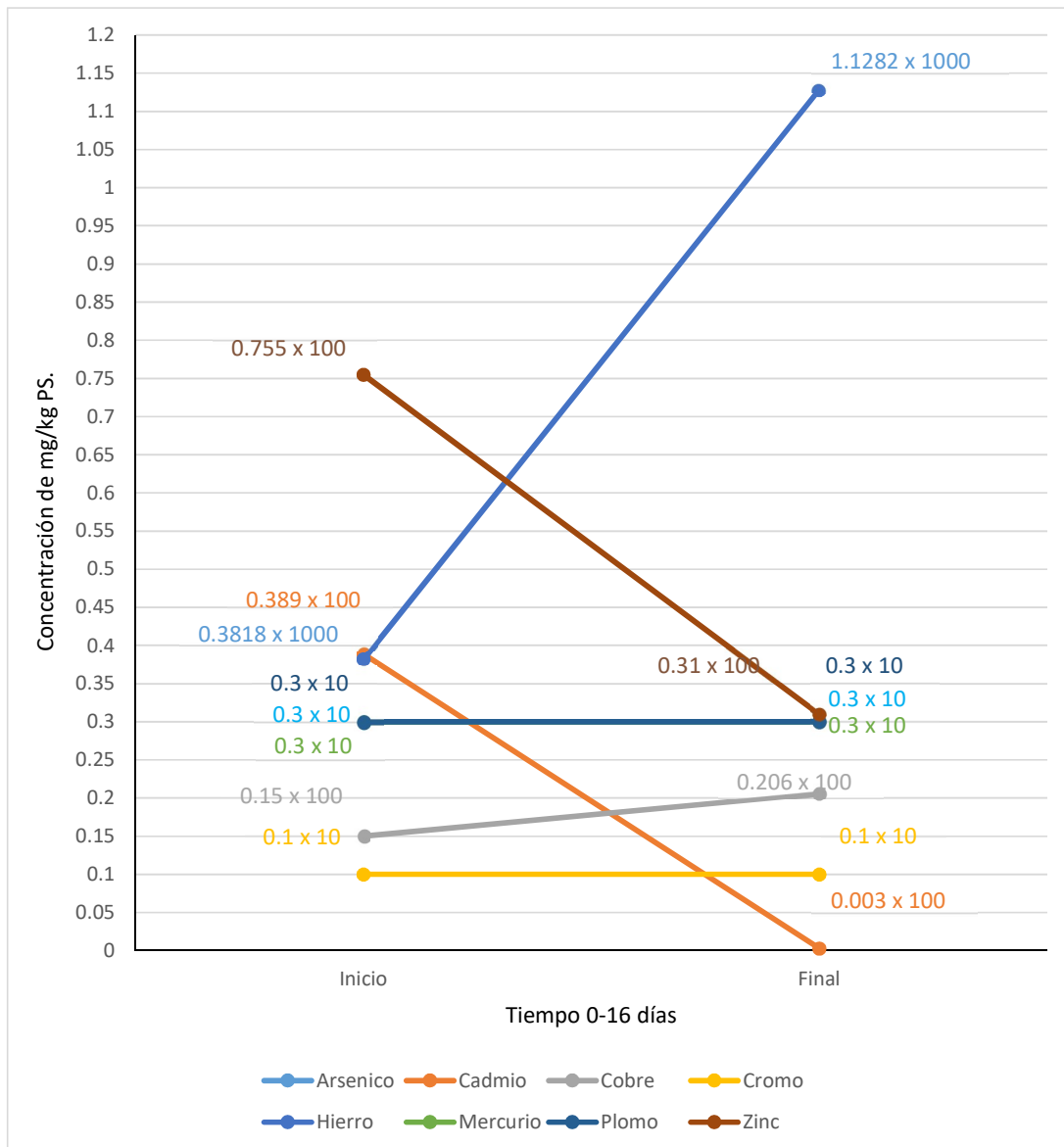


Figura N°35: Concentración de Metales en *E. crassipes* a los 0 y 16 días de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En cuanto al tratamiento con *C. spinosa*, los resultados (Cuadro N°9), muestran que el tiempo de mayor remoción de metales es a los 32 días de tratamiento. Se nota que, para el Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo y Zinc la remoción fue de 34.15% (0.71 a 0.47 mg/kg PS.); 41.02% (0.12 a 0.69 mg/kg PS.), 30.30% (0.41 a 0.29 mg/kg PS.), 1.78% (0.67 a 0.66 mg/kg PS.), 30.23% (0.21 a 0.15 mg/kg PS.), 5.65% (0.63 a 0.59 mg/kg PS.), 28.89% (0.41 a 0.29 mg/kg PS.) respectivamente, mientras que en mercurio no se observó ningún cambio en su concentración en el suelo (<0.04) (Fig. N°36).

Cuadro N°9. Concentración de Metales en plantas de *Caesalpinia spinosa* y en suelos relave aurífero a los 0, 8,16 y 32 días de exposición.

NOMBRE	0 DIAS	0 DIAS	08 DIAS	08 DIAS	16 DIAS	16 DIAS	32 DIAS	32 DIAS
	(Suelos)	(C.S)	(Suelos)	(C.S)	(Suelos)	(C.S)	(Suelos)	(C.S)
Aluminio ²	1998.24	583.51	3192.29	140.62	3878.29	151.71	2970.53	116.27
Arsénico ²	714.16	4.40402	1245.19	5.60126	432.02	4.48991	470.24	3.88229
Cadmio ²	11.623	0.09985	18.238	0.11572	<0.020	0.07032	6.855	0.07507
Cobre ²	414.031	10.264	638	15.234	274.345	12.842	288.588	15.308
Cromo ²	6.74	1.82516	4.22	0.85249	0.06	1.03351	6.22	1.10717
Hierro ²	21134.58	971.08	33263.51	365.166	18183.10	327.143	14744.92	274.588
Mercurio ²	<0.04	0.0540	<0.04	0.4101	<0.04	0.209	<0.04	0.2821
Plomo ²	628.22	27.8791	747.91	11.0150	415.21	16.1538	592.79	19.0955
Zinc ²	409.90	16.061	678.71	14.941	281.60	12.552	291.48	11.221

Fuente: Informe de Ensayo Bhios y Alab (En el anexo 8 al anexo 9) (2021).

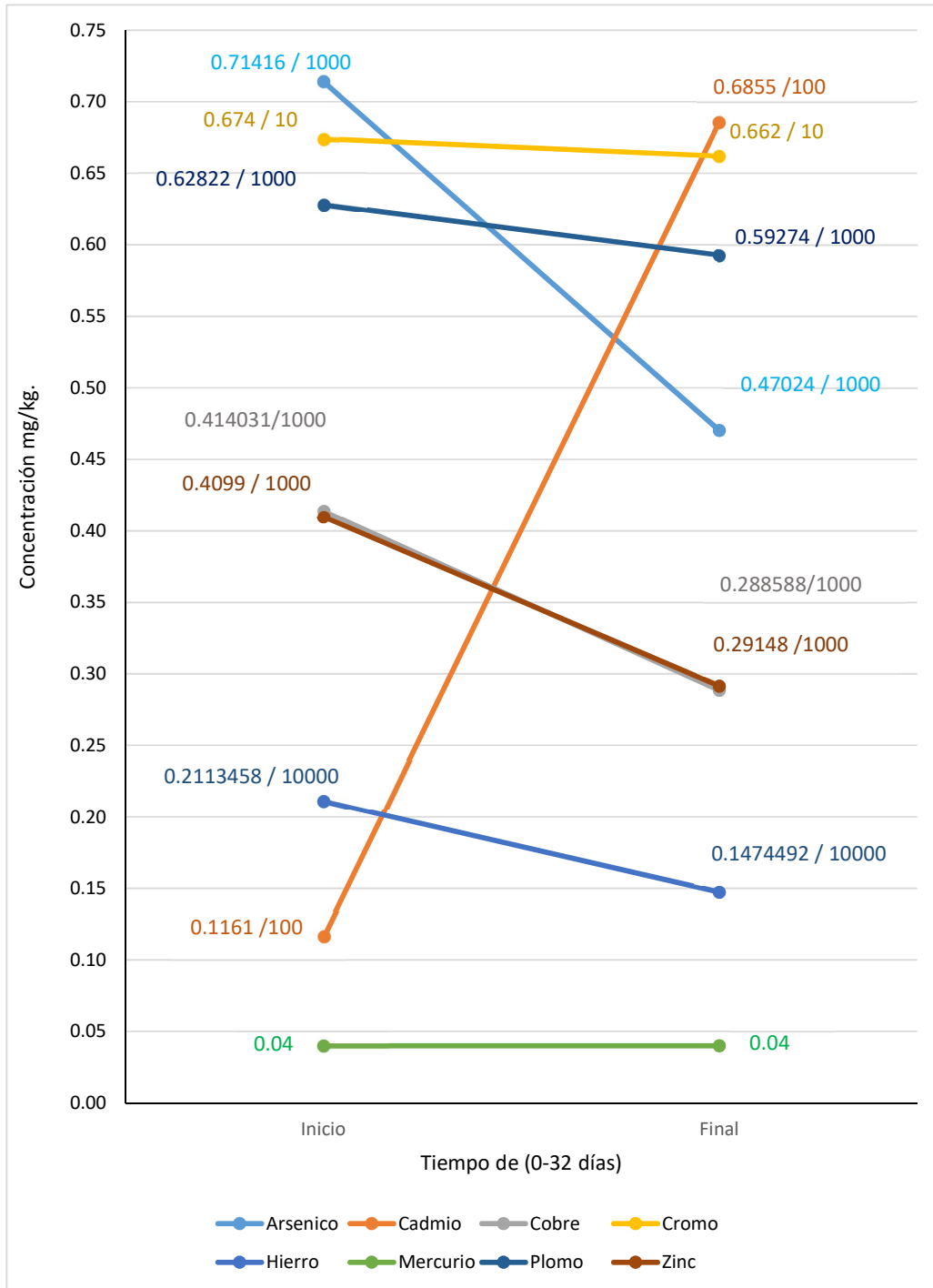


Figura N°36: Concentración de Metales en sustrato con relave de *C. spinosa* a los 0 y 32 días de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia (2022)

La concentración de metales en las plantas de *C. spinosa* se correlaciona con la concentración en el sustrato para el cadmio (la disminución en la planta se correlaciona con su incremento en el sustrato) y el Cobre (su incremento en la planta se correlaciona con la disminución en el sustrato). Mientras que no se observa correlación en las concentraciones de Arsénico, Cromo, Hierro, Plomo y Zinc, que disminuyen tanto en la planta como en el sustrato. En el caso del mercurio se observó su incremento en la planta mientras que no presentó variación en el sustrato. (Fig. N°37).

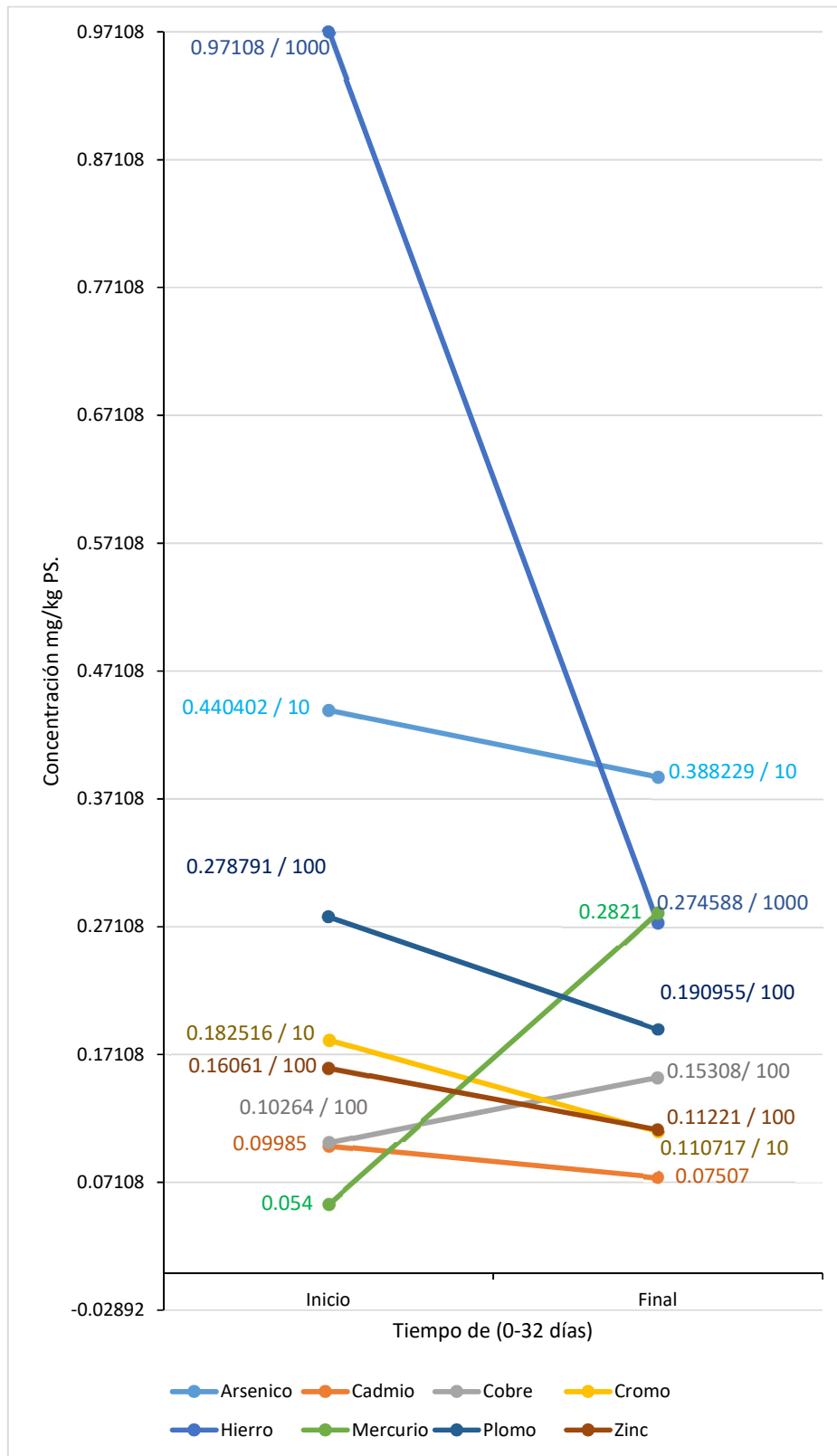


Figura N°37: Concentración de Metales en *Caesalpinia spinosa* a los 0 y 32 días de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

5.1.4. Descripción de las características topográficas del área de terreno destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados.

La planta de beneficio Da – Crein S.A., se halla políticamente ubicada en el distrito de Ocoña, provincia de Camaná, Departamento y Región de Arequipa. Hidrográficamente se ubica cercana a la cuenca del Río Ocoña. Geográficamente se encuentra en el cerro Quinchin, que es una zona desértica y eriaza.

En el (Cuadro N°10), se ubican las coordenadas el área de la Planta concentradora, y en la Fig. N°38, el perímetro.

Cuadro N°10. Coordenadas UTM – Planta de Beneficio Da – Crein

Vértice	Norte	Este	Norte	Este
1	8 185 563,4739	698 150,4970	8 185 205,1260	697 914,0848
2	8 185 145,4068	698 454,4145	8 184 787,0660	698 217,9960
3	8 184 810.8567	698 527,0249	8 184 452,5220	698 290,6045
4	8 184 797,2494	697 694,2538	8 184 438,9160	697 727,8436
5	8 185 368,3786	697 233,5022	8 185 010,0360	696 997,1064
6	8 185 468,1764	697 787,2776	8 185 109,8280	697 550,8719

Fuente: Escoam S.A. (2017).

En cuanto a la fisiografía, el proyecto está ubicado en la cordillera de la costa, las características más destacadas son las áreas geomorfológicas que se extienden juntas unas con otras desde la costa hasta la cordillera.

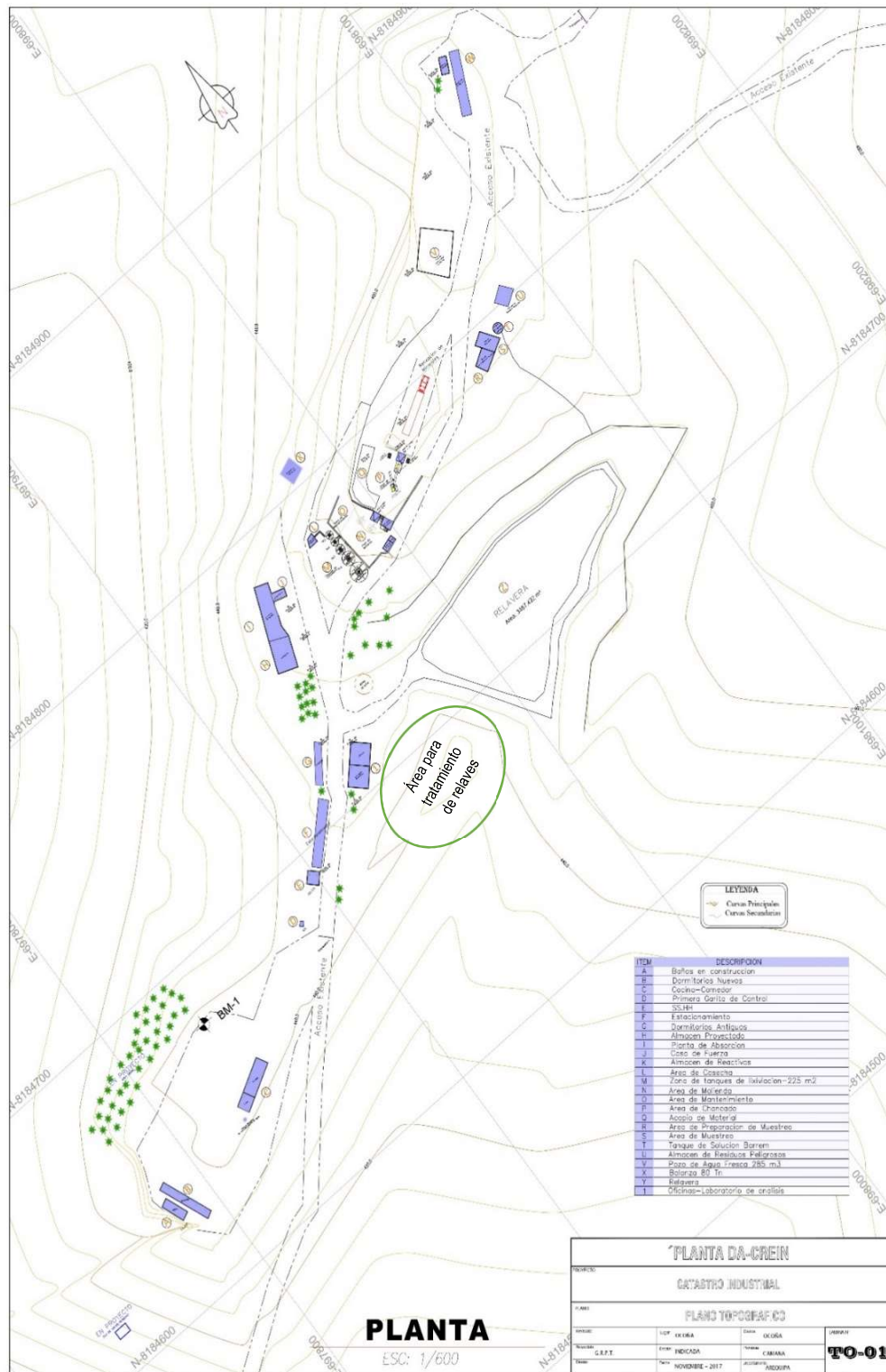


Figura N°38: Mapa topográfico de Empresa minero metalúrgica Da-Creïn S.A.

Fuente: Planta Da-Creïn S.A. (2022).

Estas zonas se conocen como: Meseta costanera, Cordillera de la Costa y Terrazas del Mar, todas ellas cortadas por las quebradas de pescadores en Ocoña.

En la geología local, el terreno que ocupa el proyecto está situado geológicamente en el complejo basal de la costa. Los suelos presentan características con un horizonte (A) horizonte aluvial, aminorado a 10 cm, arcillo-arenosa, con estructura granular mediana a gruesa, ligeramente adhesivo en mojado.

En la Fig. N°38, podemos observar el plano topográfico de la Planta de Beneficio Da-Crein S.A. que describimos a continuación. Empieza por el Ingreso a Garita donde se realiza la verificación correcta de los documentos del personal. A mano izquierda tenemos el patio común de los colaboradores de Da-Crein, oficinas administrativas, comedor, campamento y baños, sobre un terreno firme y compacto. A unos 200 metros de distancia de la garita se encuentran los tanques de lixiviación, área de molienda y área de chancado con una extensión aproximada de 500 m². A la derecha de los tanques de lixiviación, con una distancia aproximada de 150 metros, se encuentra la relavera con un área de 3,487.422 m². De la relavera, con dirección al Noreste a una distancia de 120 metros se encuentra el pozo de agua que se utiliza para el proceso metalúrgico con una capacidad de 285 m³. Finalmente, en la misma dirección Noreste podemos encontrar el área de balanza y selección del mineral que ingresa a la Planta. Al Sur de la relavera se encuentra el área destinada para el tratamiento de los relaves por fitorremediación. El área para el tratamiento de los relaves es de 9,590.186 m². y su perímetro es de 837.101 m (Fig. N°38).

5.1.5. Acondicionamiento de Andenerías

En la (Figura N°39) se muestra el plano de distribución de la andenería proyectada para el tratamiento de los relaves en cuatro bloques que se detallan a continuación.

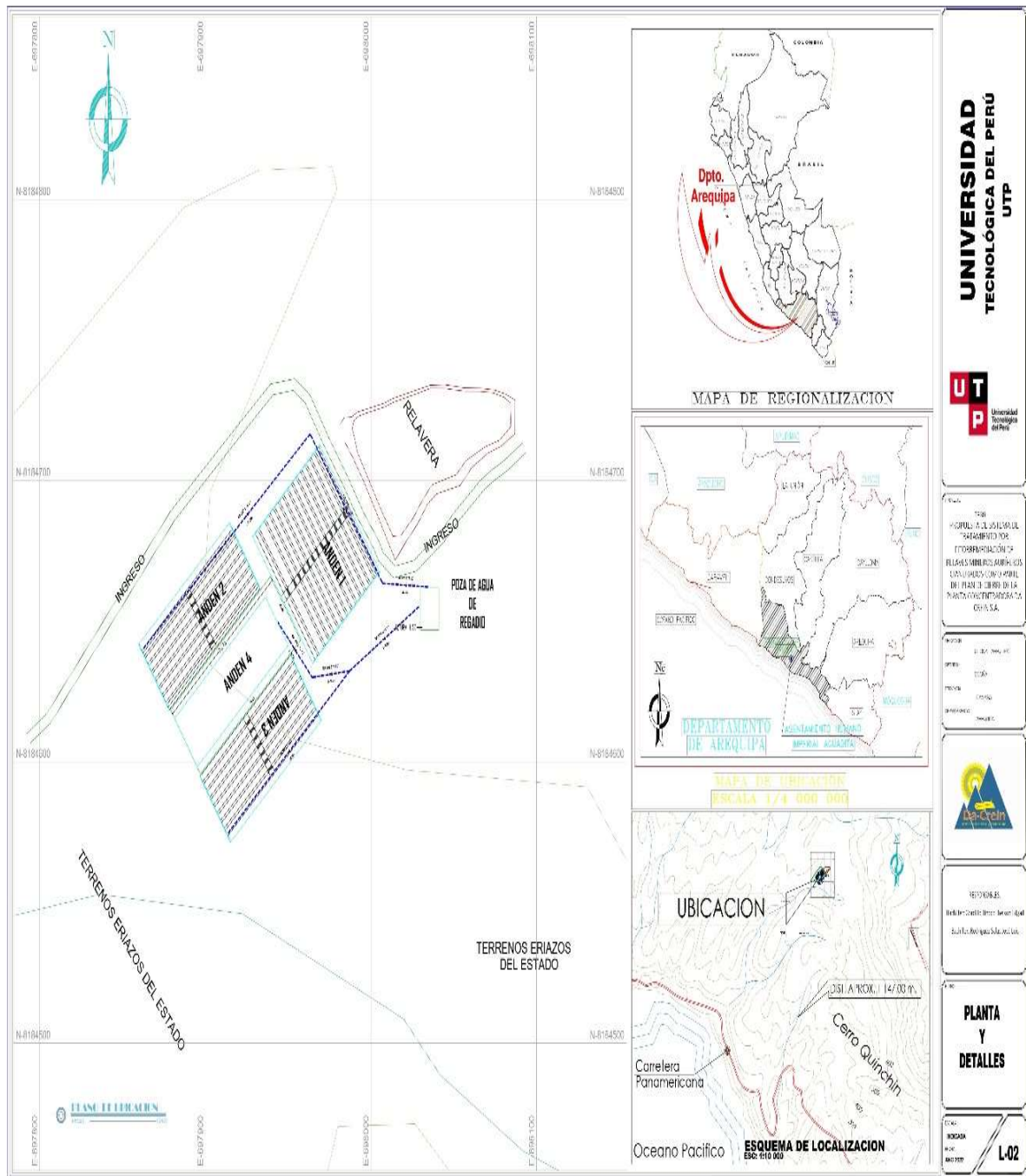


Figura N°39: Plano Propuesta de Fitorremediación Da-Creim S.A. Fuente: Elaboración propia (2022).

Bloque 1: Este bloque se ubica al Sur de la relavera; y tiene un perímetro de 220 m, y un área de 3,016 m². En este bloque se han proyectado 24 andenes de 27.20 m de largo, 2.5 m de ancho y 1 m de profundidad. Los 24 andenes están divididos en 2 secciones (A y B), por un pasadizo de 3.60 metros en anchura (Figura N°40).

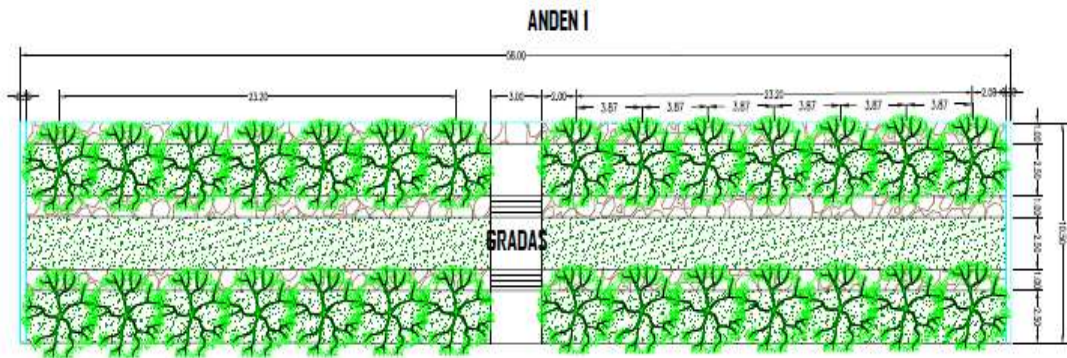


Figura N°40: Anden 1. Fuente: Elaboración propia (2022)

En el pie de cada Sub Bloque se consideran 2 andenes más que difieren en la medida del ancho con respecto a los 24 primeros, siendo su medida de 27.20 m de largo, 4 m de ancho y 1 metro de profundidad (Figura N°41).

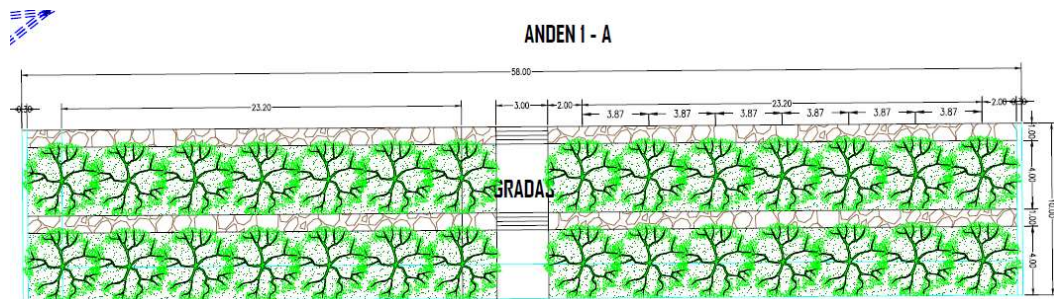


Figura N°41: Anden1-A Fuente: Elaboración propia (2022).

Bloque 2: Este bloque se ubica al Sureste del bloque 1. Tiene un perímetro de 199.52 m, y un área de 2979.35 m². En este bloque se han proyectado 16 andenes de 33.20 m de largo, 2.5 m de ancho y 1 m de profundidad. Los 16 andenes están divididos en 2 secciones (C y D), con un pasadizo entre ambos de 3.60 m de ancho. (Fig. N°42).

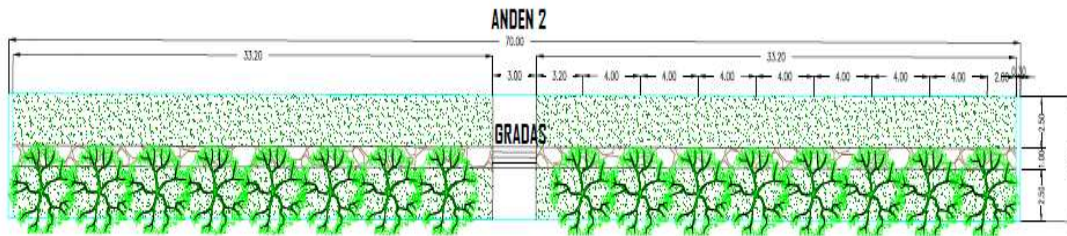


Figura N°42: Anden2. Fuente: Elaboración propia (2022).

Bloque 3: Este bloque se ubica al Suroeste del bloque 1. Tiene un perímetro de 199.52 m, y un área de 2,979.35 m². En este bloque se han proyectado 16 andenes de 33.20 m de largo, 2.5 m de ancho y 1 m de profundidad. Los 16 andenes están divididos en 2 secciones (E y F), con un pasadizo entre ambos de 3.60 metros de ancho. (Fig. N°43).

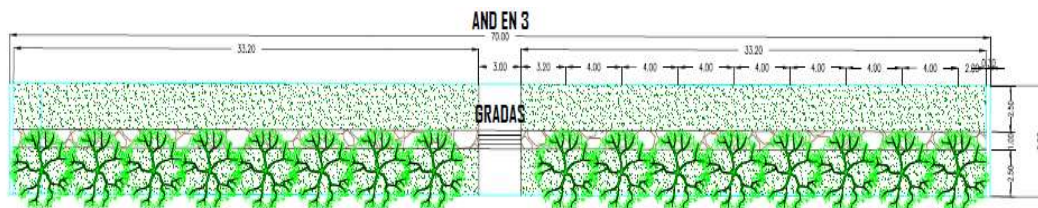


Figura N°43: Anden 3. Fuente: Elaboración propia (2022).

Bloque 4: Este bloque se ubica al Sur del bloque 1, entre los bloques 2 y 3. Tiene un perímetro de 183.81 m², y un área de 1534.94 m². Este bloque presenta un solo nivel. (Fig. N°44).

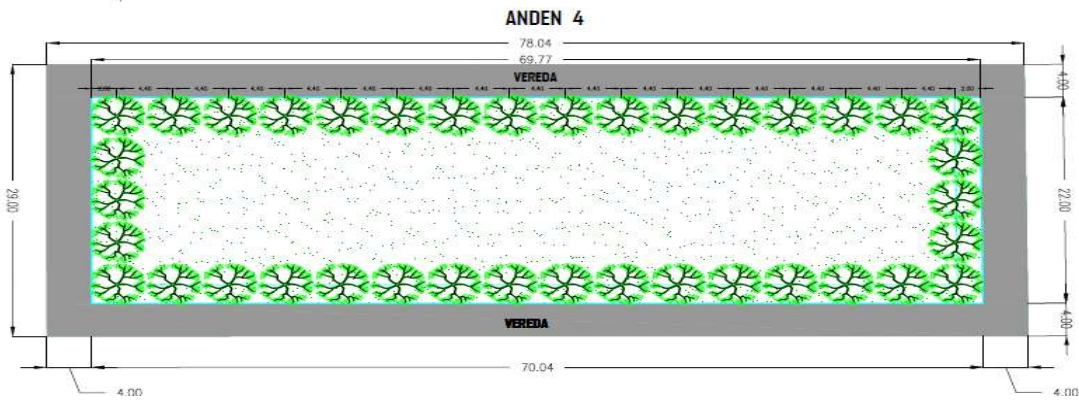


Figura N°44: Anden 4. Fuente: Elaboración propia (2022).

Para lograr el diseño en andenes la topografía del terreno debe ser modificada a través del movimiento de tierra que se describe en los perfiles longitudinales (Fig. N°45 – 48).

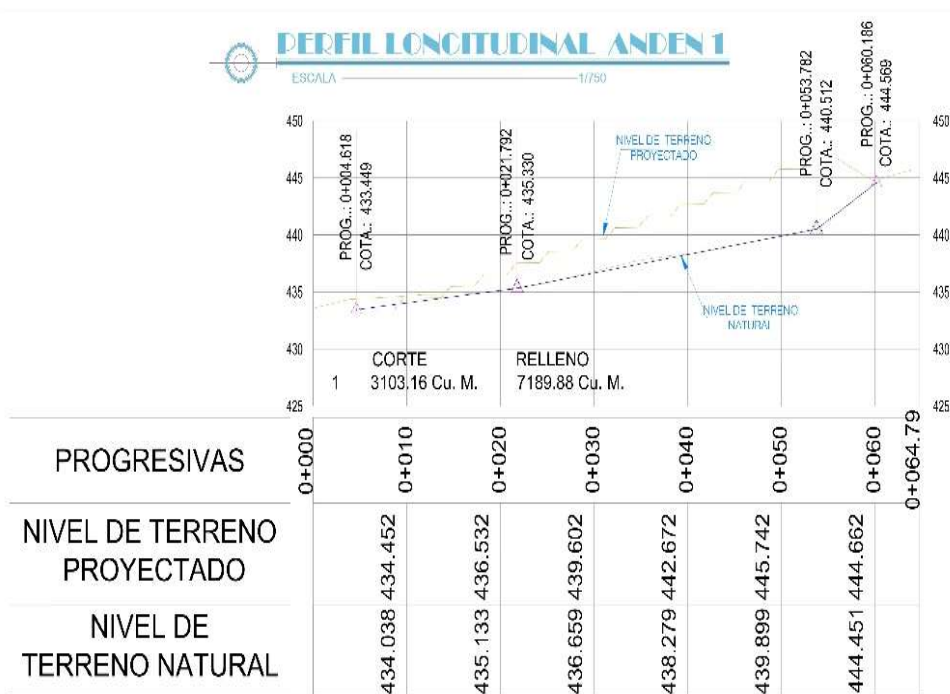


Figura N°45: Perfil Longitudinal Anden 1. Fuente: Elaboración propia (2022).

PERFIL LONGITUDINAL ANDEN 2
 ESCALA 1/750

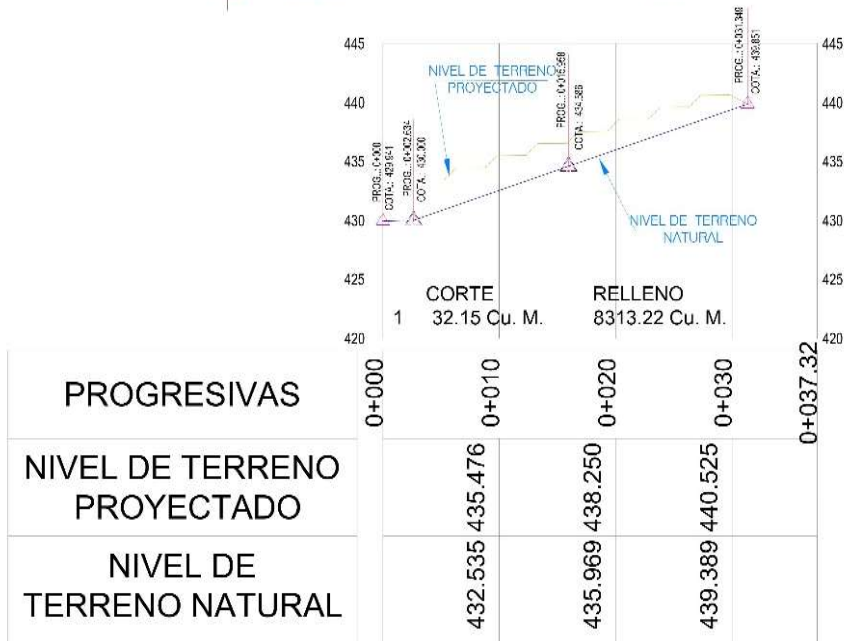


Figura N°46: Perfil Longitudinal Anden 2. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

PERFIL LONGITUDINAL ANDEN 3
 ESCALA 1/750

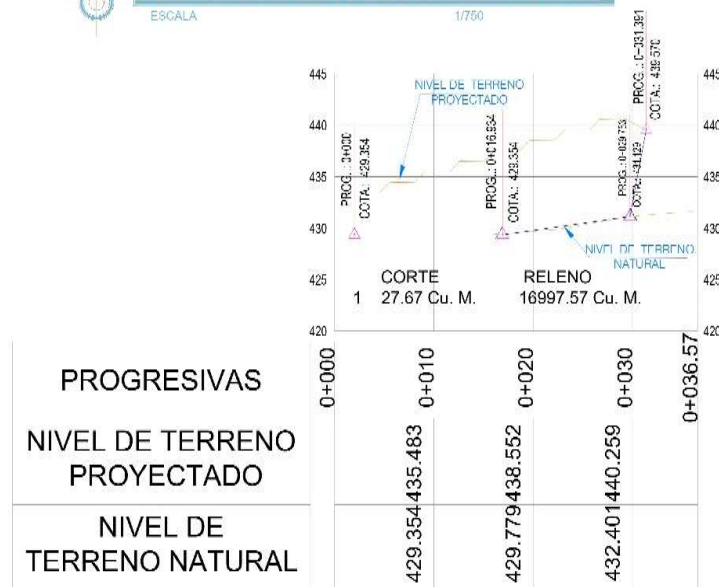


Figura N°47: Perfil Longitudinal Anden 3. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

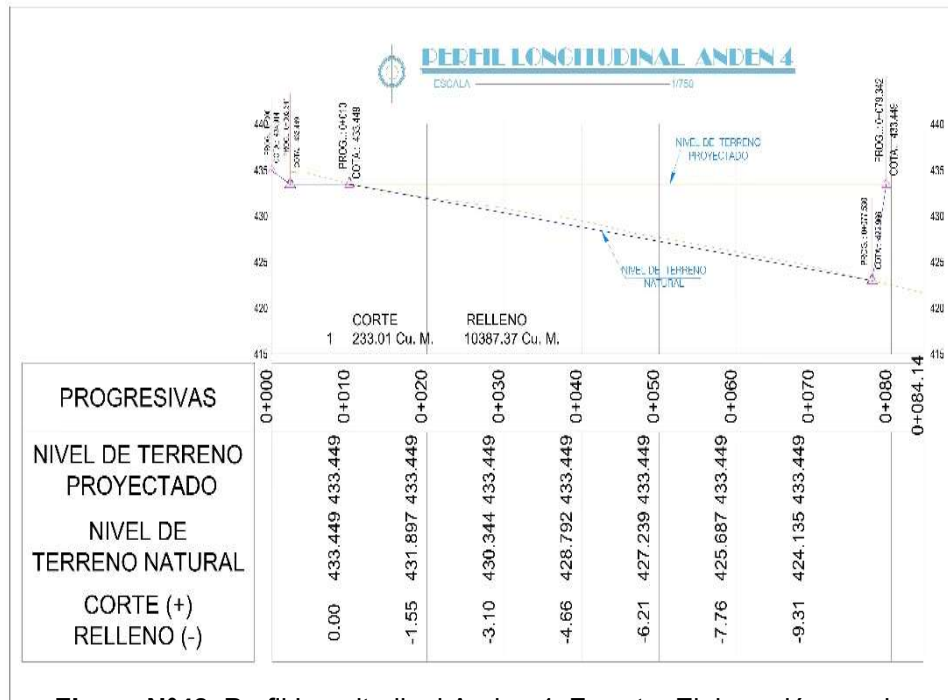


Figura N°48. Perfil Longitudinal Anden 4. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En el Cuadro N°11, se especifica los volúmenes de corte y relleno para cada andén, los cálculos se realizaron en el programa Civil-3D, en base a la topografía proporcionada por la empresa Da-Crein, utilizando las coordenadas, cotas y puntos longitudinales, y aplicando en el software Civil-3D, automáticamente genera los m³ que se tendrá que aplicar al sistema propuesto.

Cuadro N°11. Cantidades de Corte y Relleno por andén (Programa Civil-3D)

N° de Andén	Andén1	Andén2	Andén3	Andén4	Total
Corte	3103.16 m ³	32.15 m ³	27.67 m ³	233.01 m ³	3,395.99 m ³
Relleno	7189.88 m ³	8313.22 m ³	16997.57 m ³	10387.37 m ³	42,888.04 m ³

Fuente: Elaboración Propia (2022)

Para evitar depresiones del terreno será necesario contar con un muro seco en la parte frontal de cada andén, con las mismas dimensiones de los andenes. Asimismo, en el caso de los humedales se considera un revestimiento de geomembrana para evitar la

filtración de agua en el proceso de tratamiento. En el Cuadro N°12, se detalla la cantidad de material a usar.

Cuadro N°12. Cantidades de Material a usar (Piedra 15" a 20") por cada andén.

N° de Andén	Andén1	Andén1-A	Andén2	Andén3	Total de Material
Material (Piedra 15" a 20")	4752 m ³	376 m ³	4032 m ³	4032 m ³	13192 m ³
Geomembrana	4752 m ²	2534.4 m ²	2534.40 m ²	1722.48 m ²	10472.48 m ²

Fuente: Elaboración Propia (2022).

5.1.6. Cálculos para el sistema de tratamiento de relaves por humedales con *E. crassipes*.

En el Cuadro N°13, se presenta el volumen de los andenes por cada uno de los bloques del 1 al 4. Los valores fueron obtenidos aplicando la fórmula 1:

$$\text{Cálculo de Volumen} = L * A * P \quad (1)$$

Donde: L= Largo, A= Ancho, P= Profundidad

Cuadro N°13. Capacidad de los andenes (m³) por cada Bloque.

	Andén	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen de Andenes (m ³)	N° de Andenes	Volumen por Bloque (m ³)
Bloque I	Andén 1	27.2	2.5	1	68.0	24	1,632.00
	Andén 1-A	27.2	4	1	108.0	4	435.20
Bloque II	Andén 2	33.2	2.5	1	83.0	16	1,328.00
Bloque III	Andén 3	33.2	2.5	1	83.0	16	1,328.00
Bloque IV	Andén 4	69.77	22	1	1534.94	1	1,534.94
Total Capacidad de andenes (m³)							6,257.94

Fuente: Elaboración propia (2022).

Teniendo en consideración que las plantas de "Jacinto de agua" toleraron la concentración al 75% de la consistencia del relave producto del proceso de lixiviación, se realizó el cálculo del relave requerido aplicando la fórmula 2, que consiste en:

$$\text{Volumen de Relave por bloque} = (A * B) / 100 \quad (2)$$

Donde: A = % de Relave Seco (18.75%) y B= Volumen por Bloque (m³).

En el Cuadro N°14, se muestra el volumen de relave requerido para los humedales con “Jacinto de agua” por bloque de andenes.

Cuadro N°14. Volumen de relave requerido para humedales con *E. crassipes*.

	Anden	Volumen de Andenes (m ³)	N° de Andenes	Volumen por Bloque (m ³)	Volumen de Relave por bloque (m ³)
Bloque I	Anden 1	68.0	24	1,632.00	306.00
	Anden 1-A	108.0	4	4,35.20	81.6
Bloque II	Anden 2	83.0	16	1,328.00	249.00
Bloque III	Anden 3	83.0	16	1,328.00	249.00
Bloque IV	Anden 4	1,534.94	1	1,534.94	287.80
Total Volumen de relave (m³)					1,172.6

Fuente: Elaboración propia (2022).

El volumen de agua requerido para los humedales por cada bloque, se calculó en base a la fórmula 3, que consiste en:

$$\text{Volumen de Agua} = (E * B)/100 \quad (3)$$

Donde: E= % de agua (81.25%) y B= Volumen por Bloque (m³).

En el Cuadro N°15, se muestra el volumen de agua requerido para los humedales con “Jacinto de agua” por bloque de andenes.

Cuadro N°15. Volumen de agua requerida para humedales con *E. crassipes*

	Anden	Volumen de Andenes (m ³)	N° de Andenes	Volumen por Bloque (m ³)	Volumen de agua por bloque (m ³)
Bloque I	Anden 1	68.0	24	1,632.00	1,326.00
	Anden 1-A	108.0	4	435.20	356.60
Bloque II	Anden 2	83.0	16	1,328.00	1,079.00
Bloque III	Anden 3	83.0	16	1,328.00	1,079.00
Bloque IV	Anden 4	1,534.94	1	1,534.94	1,247.14
Total Volumen de Agua (m³)					5,087.74

Fuente: Elaboración propia (2022).

El número de unidades de “Jacinto de agua” requerido para los humedales por cada bloque, se calculó en base a la fórmula 4, que consiste en:

$$\text{Número de Jacintos} = (30) * D / 0.2 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Donde: 30 = N° de individuos en ensayo

D = Superficie de anden por bloque

0.2 m² = Superficie de humedal en ensayo

En el Cuadro N°16, se muestra el número de “Jacintos de agua” requerido para los humedales por bloque de andenes. De acuerdo al sistema de tratamiento diseñado, en base al tratamiento experimental, se calcula la necesidad de 938,721.00 unidades de jancitos de agua para una superficie de humedales de 6,258.14 m².

Cuadro N°16. Número de “Jacintos de agua” por Bloque de humedales.

	Anden	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie de Anden (m ²)	N° de Andenes	Superficie por bloque (m ²)	Jacintos por bloque
Bloque I	Anden 1	27.2	2.5	68.00	24	1,632.00	244,800.00
	Anden 1-A	27.2	4	108.80	4	435.20	65,280.00
Bloque II	Anden 2	33.2	2.5	83.00	16	1,328.00	199,200.00
Bloque III	Anden 3	33.2	2.5	83.00	16	1,328.00	199,200.00
Bloque IV	Anden 4	69.77	22	1534.94	1	1,534.94	230,241.00
Total de “Jacintos de agua”							938,721.00

Fuente: Elaboración Propia (2022)

5.1.7. Cálculos para el sistema de tratamiento de relaves con *C. spinosa*

Para el tratamiento con *C. spinosa* en cada anden se debe colocar sustrato de relave con materia orgánica en proporción 1:3 (v/v), en la que la materia orgánica está conformada por cascarilla de arroz: tierra de chacra: estiércol vacuno, en proporción 1:1:1 (v/v). En base al volumen de los andenes y las concentraciones requeridas se obtuvo la cantidad de cada elemento del sustrato requerido (Cuadro N°17).

Cuadro N°17. Proporción (v/v) de los componentes de sustrato para cultivo de tara por bloque.

	Anden	Volumen por Bloque (m ³)	Relave (50%)	Volquete de relave	Volquete de cascarilla	Volquete de estiércol	Volquete de tierra de chacra
Bloque I	Anden 1	1,632.00	816.00	54.40	18.13	18.13	18.13
	Anden 1-A	435.20	217.60	14.50	4.83	4.83	4.83
Bloque II	Anden 2	1,328.00	664.00	44.26	14.76	14.76	14.76
Bloque III	Anden 3	1,328.00	664.00	44.26	14.76	14.76	14.76
Bloque IV	Anden 4	1,534.94	767.48	51.60	17.06	17.06	17.06
TOTAL VOLQUETADAS				209.02	69.54	69.54	69.54

Fuente: Elaboración Propia (2022)

Considerando la superficie de cada anden, en el Cuadro N°18, se muestra el requerimiento de plantones de tara para el tratamiento de relaves, considerando un espaciamiento de 2 m entre árbol y árbol. El volumen de agua para el riego de los plantones de *C. spinosa*, de acuerdo a De La Torre (2018), se considera que la especie mencionada se desarrolla con volúmenes de agua por goteo de 3,000 m³/hectárea/año (625 plantas/hectárea). En el Cuadro N°18, se muestra la cantidad de taras por anden, que hace un total de 994 plantones de *C.spinosa*, teniendo en cuenta lo antes mencionado, se requiere 4,771 m³/hectárea/año de volumen de agua por goteo. Considerando 2 riegos por semana, con un total de 104 riesgos anuales, se calcula la necesidad de un pozo de agua con un volumen de 58 m³ de capacidad.

Cuadro N°18. Cálculo del número de plantones de tara por bloque.

	Anden	Largo (m)	Superficie de Anden (m ²)	Taras por anden	N° de Andenes	Total de Taras
Bloque I	Anden 1	27.2	-----	11	24	264
	Anden 1-A	27.2	-----	17	4	68
Bloque II	Anden 2	33.2	-----	13	16	208
Bloque III	Anden 3	33.2	-----	13	16	208
Bloque IV	Anden 4	-----	1,534.94	246	1	246
TOTAL DE TARAS						994

Fuente: Elaboración propia (2022)

5.1.8. Identificación de la disponibilidad hídrica para el proceso de tratamiento de relaves cianurados en base a fitorremediación.

El componente hidrográfico de mayor importancia de la zona es el río Ocoña, distante en 3 km por el lado Este de la concesión minera, generalmente con aumentos considerables en temporada de lluvias en las zonas altas de Arequipa. Tiene una superficie de 15,580 km², alcanzando caudales entre 15 a 400 m³/seg. Se dispondrá del mismo la cantidad necesaria tanto para humedales como para el riego de plantones de tara. Una cisterna de agua de 15 m³ llenará el pozo de agua hasta abastecimiento requerido para el sistema de tratamiento propuesto.

5.1.9. Evaluación del beneficio/costo de la implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minera metalúrgica DA-CREIN S.A.

El Cuadro N°19 se presenta el costo de las actividades vinculadas a las actividades de Movimiento de tierra (corte y relleno), teniendo como resultado la suma de S/. 135,660.00 soles para el corte. En el caso del relleno, obtenemos como resultado la suma de S/. 2,416.024.00 soles, detallando los equipos de línea amarilla. Asimismo, la contratación de personal requerido en la propuesta hace la suma de S/. 129,659.17 soles.

Para el movimiento de tierra corte (3,395.99m³) y movimiento de tierra relleno (42,888.04m³) se calcula en base a 8 horas trabajadas de los equipos por el costo de cada máquina contratada. El personal requerido para la propuesta se estimó en base a las horas hombre trabajadas y al sueldo promedio de cada colaborador durante la ejecución de la propuesta (Cuadro N°19).

Cuadro N°19. Costo de implementación de andenerías.

ITEM	UND	Cantidad	Precio Unit (S/.)	Precio Total (S/.)
MOVIMIENTO DE TIERRA CORTE m³ 3,395.99				
• Alquiler de Volquete (Maquina servida c/operador)	HM	114	240.00	27,360.00
• Alquiler de Retroexcavadora (Maquina servida c/operador)	HM	114	300.00	34,200.00
• Alquiler de Cargador Frontal (Maquina servida c/operador)	HM	114	400.00	45,600.00
• Alquiler de Cisterna (Maquina servida c/operador)	HM	114	250.00	28,500.00
SUB TOTAL (S/.)				135,660.00
MOVIMIENTO DE TIERRA RELLENO m³ 42,888.04				
• Alquiler de Volquete (Maquina servida c/operador)	HM	1,429.60	240.00	343,104.00
• Alquiler de Cargador Frontal (Maquina servida c/operador)	HM	1,429.60	400.00	571,840.00
• Alquiler de Rodillo Vibratorio (Maquina servida c/operador)	HM	1,429.60	400.00	571,840.00
• Alquiler de Cisterna (Maquina servida c/operador)	HM	1,429.60	250.00	357,400.00
• Alquiler de Motoniveladora (Maquina servida c/operador)	HM	1,429.60	400.00	571,840.00
SUB TOTAL (S/.)				2,416,024.00
• (03 Oficiales)	HH	722	11.25	24,367.50
• (03 Vigías)	HH	722	10.00	21,660.00
• (03 Jornalistas)	HH	722	8.75	18,952.50
• Residente de proyecto	HH	722	25.00	18,050.00
• Ing. Mecánico (01)	HH	722	22.92	16,548.24
• Técnico Mecánico	HH	722	8.33	6,016.67
• Ing. Seguridad (01)	HH	722	20.83	15,039.26
• Topógrafo (01)	HH	722	12.5	9,025.00
SUB TOTAL (S/.)				129,659.17
TOTAL (S/.)				2,681,343.17

Fuente: Elaboración propia (2022).

En el Cuadro N° 20, se detalla los materiales, equipos de línea amarilla, y personal para el mantenimiento de las andenerías con cultivo de tara, considerando las dimensiones de los bloques, el total de *C. spinosa* puesta en el lugar, accesorios para la implementación y el mantenimiento adecuado para la supervivencia de la especie vegetal. El monto total es de S/. 174,950.19.

Cuadro N°20. Costo y Mantenimiento para implementación de *C. spinosa*.

MATERIALES PARA ANDENES				
• Piedra de 15" a 20"	m ³	555	93.00	51,615.00
• Volquetadas de cascarilla de arroz (incl. / Traslado)	TN	69.54	100	6,954.00
• Volquetadas de estiércol (incl. / Traslado)	TN	69.54	530	36,856.20
• Volquetadas de tierra de chacra (incl. / Traslado)	TN	69.54	46.67	3,245.43
• <i>C. spinosa</i> (puesta en el lugar)	Und	994	8	6,958.00
• Manguera de riego por goteo + accesorios	m ²	6	680	3,400.00
• Agua / año	m ³	4,471.00	2.36	10,551.56
SUB TOTAL (S/.)				119,580.19
MANTENIMIENTO DE CULTIVO DE TARA				
DESCRIPCION	UND	CANT AÑO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
• Guano de isla * 50kg	Saco	99.4	50.00	4,970.00
• Personal mantenimiento	Persona	2	25,200.00	50,400.00
SUB TOTAL (S/.)				55,370.00
TOTAL (S/.)				174,950.19

Fuente: Elaboración propia (2022)

En el Cuadro N°21, se detalla los materiales, equipos de línea amarilla y personal para el mantenimiento de humedales, considerando las dimensiones de los bloques, el total de *E. crassipes* puesta en el lugar, accesorios para la implementación y el mantenimiento adecuado para la supervivencia de la especie vegetal. El monto total es de S/. 274,620.07 soles.

Cuadro N°21. Costo para instalación y mantenimiento de humedales.

MATERIALES PARA HUMEDALES				
ITEM	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
• Geomembrana HDPE de 2mm	m ²	10,472.48	19.50	204,213.36
• E. crassipes	Und.	938,721.00	-	-
• Transporte E. crassipes	Und.	938,721.00	240.00	240.00
• Agua	m ³	5,087.74	2.36	12,007.07
SUB TOTAL (S/.)				216,460.07
MANTENIMIENTO PARA HUMEDALES				
ITEM	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
• Transporte E. crassipes (Anual)	Viajes	24	240.00	5,760.00
• Disposición Final E. crassipes (Anual)	Viajes	1	2,000.00	2,000.00
• Personal mantenimiento	Persona	2	25,200.00	50,400.00
SUB TOTAL (S/.)				58,160.00
TOTAL (S/.)				274,620.07

Fuente: Elaboración propia (2022)

En el Cuadro N°22 producción y comercialización de frutos de *C. spinosa*, en base a la información del boletín de producción y comercialización de TARA en el Perú del año 2019, se presenta la proyección de la producción de frutos del cultivo de TARA. Se considera para el total de plantas de tara una producción de 49,700.00 Kg anuales (cosechadas en 2 campañas). El fruto de *C. spinosa* por kilo en el mercado actual, se cotiza en S/ 45 soles; por lo que, se proyecta un ingreso aproximado de 2,236,500.00 soles.

Cuadro N°22. Producción y comercialización de frutos de *C. spinosa*.

PRODUCCION DE TARA					
DESCRIPCION	Kg / Árbol	Kg totales / Cosecha	Cosechas/Año	Kg/Año	Kg / 10 años
• Frutos por árbol <i>C. spinosa</i>	25	24,850.00	2	49,700.00	497,000.00
VENTA DE FRUTOS					
DESCRIPCION	Kg/994/año	Precio Unitario S/.	Monto Anual	Monto 10 Años	
• Frutos de <i>C. spinosa</i>	49,700.00	45	2,236,500.00	22,365,000.00	

Fuente: Elaboración propia (2022)

En el Cuadro N°23 se presenta las penalidades, según el D.S. 007-2012-MINAM, a las cuales podría estar sujeta la empresa DA-CREIN al no presentar un plan de cierre y en este no garantizar la estabilidad estructural, física y/o química de los depósitos de relaves o escorias en operación. Dentro de las infracciones consideradas, una entre las de mayor monto está referida a la gestión y tratamiento de relaves (Artículos 37°, 38° y 39° del RPAAMM), que por incumplimiento inevitablemente la empresa tendría que desembolsar el monto correspondiente a la multa de hasta 8500 UIT (S/. 4,600 al 2022) equivalente a S/. 39,100,000.00. Adicionalmente la empresa al pagar la multa no queda exenta de implementar las medidas correctivas pertinentes, de lo contrario al generarse consecuencias por sus pasivos ambientales, tendría que enfrentar otras penalidades que llegarían al monto de S/. 46,846,400.00.

Como se evidencia, el no presentar un Plan de Cierre que considere el tratamiento de los relaves producidos, y como consecuencia, incumplir con las obligaciones socio ambientales considerados en la normativa vigente, el monto a desembolsar por la Empresa Minera Metalúrgica Da-Creïn por concepto de penalidades ascendería a S/. 85,946,400.00; fuera de las medidas de restauración que estaría en obligación de implementar.

Cuadro N°23. Obligaciones específicas para el desarrollo de las actividades

Minero metalúrgicas se menciona las penalidades, según el D.S. 007-2012-MINAM

DESCRIPCION	Normativa	Monto	TOTAL S/.	Clasific. de la sanción
4. OBLIGACIONES ESPECIFICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN, BENEFICIO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADOS DE MINERAL.				
3.5 No garantizar la estabilidad estructural, física y/o química de los depósitos de relaves o escorias en operación y en su abandono definitivo.	Artículos 37°, 38° y 39° del RPAAMM	Hasta 8500 UIT	39,100,000.00	MUY GRAVE
5. OBLIGACIONES RELATIVAS AL PLAN DE CIERRE DE MINAS				
4.2 No cumplir con actualizar el Plan de Cierre de Minas	Artículo 9° de la LCM Artículo 20° del RLCM	Hasta 70 UIT	322,000.00	LEVE
4.9 No ejecutan medidas de tratamiento de residuos que se generen con independencia del desarrollo de las actividades mineras durante la interrupción de la ejecución del plan de cierre de minas.	Artículo 35 RLCM.	Hasta 114 UIT	524,400.00	GRAVE
6. OBLIGACIONES RELATIVAS A PASIVOS AMBIENTALES				
5.4. En el caso de los generadores de pasivos ambientales, no proceder a la remediación a través de las modalidades establecidas.	Artículos 12° Y 28° del RPAAM	Hasta 10000 UIT	46,000,000.00	MUY GRAVE
TOTAL (S/.)			85,946,400.00	

Fuente: Elaboración propia en base a la información de DECRETO SUPREMO N°

007-2012-MINAM.

Para el cálculo de la relación beneficio/costo (Cuadro N°24 al 26), se presenta 4 escenarios posibles. En el escenario 1 (Cuadro N°26), se considera la instalación y mantenimiento del sistema de tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* en humedales y posteriormente el cultivo de *C. spinosa*, como costos. Como ingresos se considera la comercialización de los frutos de tara y el ahorro de la penalidad, obteniendo un valor B/C de S/. 6.11; es decir, que por cada sol invertido se obtendrá una ganancia de S/. 5.11 soles, considerando un periodo de 10 años. En el escenario 2 (Cuadro N°26), a diferencia del escenario 1, no se considera dentro de los ingresos el ahorro de la penalidad, obteniéndose un valor B/C de S/. 2.56; es decir, que por cada sol invertido habrá una ganancia de S/. 1.56.

En el escenario 3 y 4 (Cuadro N°26), las propuestas no consideran la implementación y mantenimiento del tratamiento de relaves con humedales, por lo que únicamente se trabajaría con el cultivo de tara. En el escenario 3 se realiza el cálculo de B/C considerando en los ingresos el ahorro de la penalidad y la venta de frutos de tara, obteniéndose un valor B/C de S/. 6.82. Finalmente, en el escenario 4 sin considerar el ahorro de penalidad se obtiene un valor B/C de S/. 2.85.

De acuerdo a los resultados mostrados considerando o sin considerar el ahorro por penalidad la implementación de la propuesta del sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados dentro de plan de cierre de la empresa minera metalúrgica DA- CREIN, es rentable a partir del 5^{to} año de implementación, con un periodo de producción de hasta 50 años.

Cuadro N°24. Costo de Implementación y Mantenimiento de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Movimiento de tierra corte (S/)	135,660.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Movimiento de tierra relleno (S/)	2,416,024.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Personal (S/)	129,659.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Material para humedales (S/)	216,460.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento de Humedales (S/)	0.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00	58,160.00
Materiales para andenes (S/)	119,580.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento cultivo de tara (S/)	0.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00	55,370.00

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro N°25. Ingresos de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A. por un periodo de 10 años.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Venta de frutos de <i>C. spinosa</i>	0.00	-	-	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00	2,236,500.00
Ahorro de penalidad. (S/)	39,100,000.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro N°26. Relación beneficio/costo de la Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de empresa minero metalúrgica DA – CREIN S.A. por un periodo de 10 años.

ESCENARIO	PROPUESTA	INVERSIÓN (S/)	TD (%)	Sumatoria de Ingresos (S/)	Sumatoria de Egresos (S/)	Costos + Inversión (S/)	B/C (S/)
1	HUMEDAL / TARA / C.P	3,017,383.43	10	21,422,824.43	488,539.37	3,505,922.80	6.110466683
2	HUMEDAL / TARA / S.P	3,017,383.43	10	8,964,359.46	488,539.37	3,505,922.80	2.556918673
3	TARA / C.P	2,800,923.36	10	21,422,824.43	340,224.68	3,141,148.04	6.820062014
4	TARA / S.P	2,800,923.36	10	8,964,359.46	340,224.68	3,141,148.04	2.853848129

Fuente: Elaboración propia (2022).

5.1.10. Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A.

Cuadro N°27. Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Primer Año.

CRONOGRAMA PROPUESTA DE FITORREMEDIACION DE RELAVES CIANURADOS AURIFEROS - DA-CREIN																																
ITEM	ACTIVIDAD A DESARROLLAR	AÑO - 1																														
		0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	
1	Movimiento de tierra (Corte)	X	X																													
2	Movimiento de tierra (Relleno)			X	X	X	X	X																								
3	Construcción de Andenerías								X	X	X																					
4	Cultivo de Tara											X	X																			
5	Mantenimiento de Tara													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro N°28. Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Segundo año.

CRONOGRAMA PROPUESTA DE FITORREMIACION DE RELAVES CIANURADOS AURIFEROS DA-CREIN																																		
ITEM	TAREA O ACTIVIDAD A DESARROLLAR	AÑO - 2																																
		0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30			
1	Mantenimiento de Tara	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro N°29. Cronograma de Implementación del sistema propuesto para el tratamiento de relaves auríferos cianurados de empresa minero metalúrgica DA-CREIN S.A. – Tercer Año.

CRONOGRAMA PROPUESTA DE FITORREMIACION DE RELAVES CIANURADOS AURIFEROS DA-CREIN																																			
ITEM	TAREA O ACTIVIDAD A DESARROLLAR	AÑO - 3																																	
		0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30				
1	Mantenimiento de Tara	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	Producción de Taras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia (2022)

5.2. DISCUSION.

En la empresa Minera Metalúrgica Da-Crein la caracterización fisicoquímica de los relaves cianurados reveló que la concentración de Cianuro está por debajo de 0.5 mg CN-/Kg. Es decir, que se encuentra por debajo del LMP establecido en la normativa vigente de 1 mg CN-/Kg (D.S. N°010-2010-MINAM). La baja concentración registrada en la muestra tomada de la relavera, podría deberse a que el cianuro se volatiliza a gran velocidad liberándose como cianuro de hidrógeno a la atmósfera. [43]

El cianuro en los relaves auríferos se presenta de tres maneras. Como cianuro libre (HCN, CN⁻) que se volatiliza rápidamente; como cianuro disociable en ácido débil (WAD) formando complejos inestables con Cu, Ni, Zn, que se descomponen liberando cianuro al medio ambiente; y, como complejos más fuertes con Au, Co y Fe, que se descomponen lentamente y no liberan cianuro. El cianuro, en bajas concentraciones en el suelo, es naturalmente degradado por bacterias nitrificantes; sin embargo, en las elevadas concentraciones generadas por operaciones mineras, el cianuro afecta al suelo y al medio ambiente. [43]

Valores contrastantes a los encontrados en la presente investigación son reportados por CuiCui et al., señalando en los relaves cianurados una concentración de 100 a 400 mg/L, de cianuro libre. [44]. Asimismo, en muestras de efluentes mineros que contienen cianuro generados en las minas de oro activas ubicadas en la provincia de Khorasan, Irán, se detectó 2,850 ug/L de cianuro, además de 102.09 ug/L de mercurio, 81.88 ug/L de arsénico y 0.15 mg/L de plomo. [45]. A nivel nacional, en la minería aurífera artesanal en el cerro LA BOLA (Trujillo), las soluciones de relaves presentan concentraciones de cianuro que oscilan entre 40 a 2000 mg/L. [46]

Los elevados niveles de cianuro reportados en las investigaciones citadas anteriormente, difieren del valor encontrado en la presente investigación, lo cual se explicaría porque fueron determinados directamente en los efluentes del proceso de

extracción, y no a partir de muestras tomadas de las relaveras después de un periodo de exposición a la intemperie.

En congruencia con lo manifestado Sudhakar y Venkatarama, reportan que la concentración de cianuro fue de 0.06 ppm (0.06mg/Kg), en muestras tomadas de la relavera. Las muestras no registraron presencia de cianuro soluble, lo que sugiere que el cianuro descargado en los relaves es volatilizado o inmovilizado durante la exposición al ambiente. [47]

Otro de los parámetros importantes para indicar el nivel de carga contaminante de los relaves mineros está referido a la presencia de sólidos totales. En nuestro trabajo los valores de Sólidos Totales (94.74%, equivalente a 947,400 mg/L) supera en 18,948 veces el valor establecido por la normativa vigente (50 mg/L D.S. N°010-2010-MINAM). El alto contenido de metales pesados en los relaves, se correlaciona con valores elevados de Sólidos Totales, por lo que deben remediarse adecuadamente para evitar que se conviertan en una fuente de contaminación. [43]

Valores similares han sido reportados en relaves de unidades mineras a nivel internacional y nacional. Así, en centros de beneficio de oro en minas de Cauca (Colombia) y Mashonalandia (Zimbabue), se reportaron valores de 149.00 mg/L a 86,330.00 mg/L, y 95.2 mg/L, respectivamente. Estos valores superan los límites de 50 mg/L establecidos por la norma colombiana y los 30 mg/L a 60 mg/L establecidos por la OMS. [48] [49]

Dentro del territorio nacional, en la planta concentradora de minerales Huari-UNCP la Oroya, ubicada en el departamento de Junín, se registraron valores de 296,800 mg/L de SST en el relave vertido a la presa, y de 959 mg/L en la salida de la relavera al río Mantaro. [50]. En la planta de procesamiento de minerales el Brocal Colquijirca ubicada en Cerro de Pasco, se registra en promedio 53 mg/L de SST [51] y, en el depósito de relaves en la Planta concentradora de Minerales “Mesapata”, ubicada en Ancash,

suman 157.50 mg/L entre STD y SST. [52]. En todos los casos se supera los LMP establecidos por el Ministerio de Energía y Minas.

Como se mencionó anteriormente, el elevado contenido de sólidos totales se relaciona con la elevada concentración de metales. En la presente investigación los valores de los metales encontrados en el relave como el Arsénico (1248.86 mg/kg), Cadmio (17,562 mg/kg), Cobre (748,220mg/kg), Cromo (0,1mg/kg), Hierro (2 mg/kg), Mercurio (0.002 mg/kg), Plomo (0.2mg/kg) y Zinc (1.5mg/kg), superaron 12,488.6; 351.24; 1,496.44; 73.6; 17,980.21; 200; 5,300.45 y 421.47 veces, respectivamente, los valores establecidos en los LMP (D.S. N°010-2010-MINAM).

Resultados similares se han reportado a nivel internacional y nacional. En muestras de relaves provenientes de tres unidades de Beneficio Minero, como son Cañasgordas (IB1), Segovia (IB2) y Remedios (IB3) en el departamento de Antioquia (Colombia), se reportó concentraciones elevadas de metales. Así en la unidad IB1 se registra la presencia de Hierro (12.33%-123,300 mg/kg), Cobre (0,13%- 1,300 mg/kg), Plomo (0.05%-500 mg/kg), Zinc (0.04%-400 mg/kg) y Arsénico (0.28%-2800 mg/kg). En la unidad IB2, se registró Hierro (10.66%-106,600 mg/kg), Cobre (0,03%-300 mg/kg), Plomo (1.03%-10,300 mg/kg), Zinc (0.84%-8,400 mg/kg) y Arsénico (0.19%-1,900 mg/kg). Por último, en IB3 se registró Hierro (8.32%-83,200 mg/kg), Cobre (0,01%-100 mg/kg), Plomo (0.48%-4800 mg/kg), Zinc (0.57%-5,700 mg/kg) y Arsénico (0.18%-1,800 mg/kg). En las tres unidades mineras se supera los LMP establecidos en la normativa de dicho país (Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia). [53].

A nivel nacional, en relaves de la Quebrada Cushmun y área circundante a la planta procesadora de minerales Virgen de la Puerta en la zona de Samne (La Libertad), se reportaron 13 elementos por encima de los LMP destacando el Arsénico (1,874.00 mg/kg), Cadmio (8.80 mg/kg), Cobre (752.00 mg/kg), Hierro (54,825.00 mg/kg), Mercurio (120.00 mg/kg), Plomo (3,416.00 mg/kg) y Zinc (697.00 mg/kg). [54].

En la planta concentradora de minerales Huari-UNCP la Oroya, ubicada en el departamento de Junín, se caracterizaron los efluentes que salen de la poza de relaves y discurren al Río Mantaro. Se reportaron en la salida de la presa de relave elevadas concentraciones de Plomo (15.00 mg/L), Cobre (51.66 mg/L), (Zinc 14.50 mg/L), Hierro (0.58 mg/L) y Arsénico (0.43 mg/L). Los resultados de la presencia de metales en el relave a la entrada de la presa indicaron que el Plomo (8.0 mg/L), Cobre (155.26 mg/L), Zinc (10.7 mg/L), Hierro (23.13 mg/L) y Arsénico (0.46 mg/L), se encontraban por encima de los LMP. Por último, en las aguas que salen de la poza de sedimentación se encontró los valores de Plomo (5.93 mg/L), Cobre (134.16 mg/L), Zinc (11.06 mg/L), Hierro (0.102 mg/L) y Arsénico (0.23 mg/L). Estos valores también se encuentran muy por encima de los LMP constituyendo aguas sin tratamiento que contaminan al Río Mantaro. [50].

Una realidad semejante fue reportada en los resultados de presencia de metales en el depósito de relaves de la mina el Brocal Colquijirca (Cerro de Pasco). Se reportó valores de Plomo (4.18 mg/L), Cobre (3.38 mg/L), Zinc (4.89 mg/L), Hierro (4.58 mg/L), Arsénico (5.53 mg/L) y Cadmio (4.35 mg/L), superando todos ellos los LMP de la normativa peruana. [51].

La presencia y elevada concentración de metales en los relaves mineros podría ser el resultado de la actividad natural durante la formación rocosa y/o debido a la extracción del mineral valioso que conlleva a la utilización de diversas sustancias químicas como el cianuro y distintos compuestos químicos como el Hg, Cu, Pb, Zn, As, Se, Cd, y Bi, que al incorporarse al medio alteran los niveles de concentración en los metales. [44].

En la empresa Minera Metalurgica Da-Crein, el método de recuperación de oro utilizado es el de lixiviación por agitación en tanques. El mineral pasa por operaciones de chancado, molienda, clasificación, lixiviación, adsorción, desorción-electrodeposición y fundición. Para las etapas de lixiviación, adsorción y desorción

cuenta con 5 tanques, con una capacidad total de 470.40 m³ por ciclo. Cada ciclo requiere 132 horas.

Debido a las elevadas concentraciones de metales y sólidos totales reportadas en los relaves auríferos, es que se recomienda implementar programas de remediación de éstos, para minimizar el impacto negativo al ambiente. [54].

Al respecto CuiCui et al., señalan la importancia de la recuperación de elementos valiosos a partir de relaves de cianuración, ya que éstos contendrían elementos valiosos recuperables como cobre, plomo, zinc, oro, plata, azufre, hierro, etc. [44].

La utilización integral de los relaves de cianuración no solo genera beneficios ambientales, sino que, al recuperar minerales desechados en los efluentes, también conlleva un incremento en el beneficio económico. [44]. Sin embargo, a nivel nacional la escasa tecnología desarrollada hasta el momento para el tratamiento de relaves, es un impedimento para recuperar todos los metales desechados en las relaveras. [44].

El tratamiento de los relaves por fitorremediación, al ser de bajo costo, puede integrarse dentro del plan de cierre de la actividad minero metalúrgica, de manera que, además, permita la continuidad en la obtención de ingresos económicos para la población vinculada a la actividad minera, una vez culminado el proceso extractivo.

Con la finalidad de proponer un sistema de tratamiento de relaves mineros auríferos cianurados en base a la Tecnología de la Fitorremediación, para la empresa Minera Metalúrgica DA-CREIN S.A, se realizaron ensayos y modelamientos cuyos resultados se discuten a continuación.

Para el tratamiento del volumen de relave generado en cada ciclo de recuperación de oro, el presente estudio propone la biotecnología de la fitorremediación a través de humedales artificiales con la especie *Eichhornia crassipes* y/o en sustrato sólido con la especie *Caesalpinia spinosa*. Ambas especies fueron reportadas con capacidad de degradación de cianuro y tolerancia a la presencia de metales pesados, respectivamente. [54] [55].

En la presente investigación, la especie *E. crassipes* mostró mayor tolerancia a los contaminantes del relave en comparación a *C. spinosa*. La primera, mantuvo el 50% de supervivencia a la concentración de 75% de relave, mientras que *C. spinosa* mantuvo el 50% de supervivencia a la concentración de 25% de relave (Cuadro N°07). Sin embargo, cabe precisar que aproximadamente el 25% de *C. spinosa* sobrevivió a la concentración de 50% de relave.

La capacidad de supervivencia de *C. spinosa* a la concentración de 50% e incluso 75% (aunque en menor porcentaje de supervivencia) es una característica prometedora en el proceso de fitorremediación. Esta característica responde a que, dado que las plantas carecen de la capacidad de movilizarse, desarrollan sistemas bioquímicos únicos para la adquisición de nutrientes y detoxificación en lugares con presencia de elementos contaminantes. [56].

La presencia de metales en el medio, es el estímulo que lleva a las plantas expuestas a desarrollar su máximo potencial de fitorremediación. Sin embargo, la eficiencia de este proceso requiere del acompañamiento de enmiendas nutricionales en el suelo contaminado, para promover el crecimiento vegetal. [56].

Con respecto a *C. spinosa*, los resultados sugieren que estaría desarrollando la estrategia de la fitoestabilización frente a los contaminantes. La variación en la concentración de metales entre el sistema suelo-planta señala la dinámica de traslocación del suelo a la planta y la planta al suelo. La disminución de cadmio en la planta se correlaciona con su incremento en el sustrato, y el incremento de Cobre en la planta se correlaciona con la disminución del mismo en el sustrato. Sin embargo, no se observa correlación en las concentraciones de Arsénico, Cromo, Hierro, Plomo y Zinc, entre la planta y el sustrato ya que disminuyen tanto en la planta como en el sustrato.

Lo señalado anteriormente sugiere la capacidad fitoestabilizadora de las plantas de "Tara", a través de la inmovilización de los metales a nivel de la rizósfera, quedando

inmovilizados en el suelo e indisponibles para la planta. Se ha reportado que especies arbóreas leñosas como *M. caesalpiniaefolia* y *E. speciosa*, podrían inmovilizar metales en su biomasa reteniéndolos en sus raíces y tallos. [57].

Otros árboles leñosos identificados como tolerantes y remediadores de contaminantes orgánicos e inorgánicos son los pertenecientes a los géneros *Populus*, *Salix*, *Firmiana simplex*, *Ailanthus altissima*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Robinia pseudoacacia*, *Acer saccharinum* y *Morus nigra*. [58].

Los estudios en relaves mineros fitoestabilizados, demuestran que las plantas arbóreas por si solas pueden inducir una complejización, logrando retener e inmovilizar metales pesados. Para favorecer esta capacidad de fitoestabilización se requiere agregar enmiendas orgánicas que promuevan el crecimiento de las plantas y la recuperación progresiva del suelo. [59].

De acuerdo a la información disponible hasta el momento, la instalación de *C. spinosa* directamente en un sustrato con relave y con enmienda orgánica, es una alternativa viable para el tratamiento de relaves en la empresa D.A Crein, debido a que el árbol de tara se presenta como una especie mejoradora y recuperadora de áreas degradadas, que han perdido su vegetación original y tienen suelos empobrecidos y no productivos. [25].

Al respecto Huaranga et al. y Lasat, señalan que el árbol de "Tara" podría ser de gran utilidad en la rehabilitación de suelos contaminados o de almacenamiento de relaves, como una herramienta de biotecnología potencial para la restauración de ecosistemas degradados. [54] [60].

Tanto *E. crassipes* como *C. spinosa*, han mostrado capacidad de remoción o estabilización de los metales en los relaves. Sin embargo, a diferencia de *E. crassipes*, *C. spinosa* es una especie sudamericana de importancia económica por sus productos comercializables, siendo el Perú uno de los principales exportadores de sus derivados. [55].

Por su parte, *E. crassipes* a pesar de presentar ser eficiente para el tratamiento de los relaves, resulta menos manejable ya que supone la necesidad de realizar cosechas periódicas. De cumplir su ciclo biológico en el humedal, a la muerte de las plantas retorna nuevamente los contaminantes al medio. En adición, la generación de esta biomasa también genera la necesidad de un proceso adicional para la disposición final del material vegetal.

Las minas deben seguir prácticas rentables de recuperación de tierras con el objetivo de devolver el sitio de operación a su condición previa a la extracción. En este sentido, en el presente trabajo se proponen 4 escenarios posibles para el tratamiento de los relaves con sus respectivos cocientes de beneficio/costo. Los costos están representados por la inversión en la instalación y mantenimiento del sistema de tratamiento; y los ingresos consideran la comercialización de los productos de Tara y el ahorro de las penalidades por incumplimiento del tratamiento de relaves.

En el escenario 1 se considera el tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* y posterior cultivo de Tara. En el escenario 2 a diferencia del escenario 1, no considera el ahorro por penalidades y a pesar de que el beneficio/costo es mayor en el escenario 1 (B/C S/. 6.11), en el escenario 2 también es rentable con una relación B/C de S/. 2.56. Es decir, por cada sol invertido se obtendría 1.56 soles de ganancia.

En el escenario 3 y 4, las propuestas no consideran la implementación y mantenimiento de humedales, por lo que directamente se tratarían los relaves con el cultivo de Tara. Considerando (Escenario 3) y sin considerar (Escenario 4) el ahorro por penalidad, la implementación de la propuesta es rentable, ya que el valor de B/C es de S/. 6.82 y S/. 2.85 respectivamente. Adicionalmente, el beneficio económico obtenido es a largo plazo considerando que los árboles de Tara tienen un periodo de producción de hasta 50 años. [25].

La propuesta planteada, en cualquiera de los cuatro escenarios, es una alternativa accesible de implementar por la pequeña minería y minería artesanal por ser de bajo

costo (entre 3,505,922.80 y 3,141,148.04 de soles), y sostenible en el tiempo; en comparación a otras estrategias de tratamiento de relaves.

A nivel nacional, la empresa minera Cia. Colquirrumi S.A, del Grupo Buenaventura (distrito minero de Hualgayoc en la Región de Cajamarca), es la responsable de 111 Pasivos Ambientales Mineros de los 397 registrados en esa región. En sus planes de tratamiento consideran la reforestación de 328,693 m² (con especies como el Trébol Blanco, Trébol Rojo, Rye grass inglés, Rye grass italiano, pasto ovillo), con una inversión ejecutada de \$ 20,376,058.00. [61].

La empresa minera Anglo American en su Plan de Cierre de Minas Proyecto Quellaveco, considera como costos para la ejecución del PCM la suma de US\$ 246'759,567.59. [62]. Activos Mineros S.A.C; en el proyecto de remediación Acobamba y Colqui, que involucró el cierre de 39 pasivos ambientales mineros, consideró una inversión de S/. 24.7 millones, para la estabilidad física, química e hidrológica de los pasivos ambientales mineros intervenidos. En el proyecto Esquilache, que involucró el cierre de 132 pasivos ambientales, tuvo una inversión de S/.38 millones. [63].

Los montos mencionados superan largamente la inversión requerida para la implementación del sistema propuesto (S/. 3,141,148.04), la misma que sería recuperada en los 5 primeros años de ejecución de la propuesta.

CONCLUSIONES

- Las características fisicoquímicas del relave muestran que la concentración de Cianuro (<0.5 mg CN-/Kg MS) se encuentra por debajo de los LMP establecidos; mientras que los sólidos totales superan los LMP. La cantidad de relave generado por la empresa Da-Crein es de 470.40 m³ por ciclo en un periodo de 132 horas.
- La zona destinada para el tratamiento de relaves auríferos cianurados presenta relieves irregulares por lo que para el acondicionamiento del sistema propuesto se requiere de movimiento de tierra en corte y relleno.
- *E. crassipes* mostró mayor tolerancia frente al relave en comparación a *C. spinosa*. La primera, mantuvo el 50% de supervivencia a la concentración de 75% de relave, mientras que *C. spinosa* mantuvo el 50% de supervivencia a la concentración de 25% de relave, pudiendo tolerar la concentración de 50% de relave.
- La mayor cantidad de metales removidos por la especie *E. crassipes* fue a los 16 días de tratamiento, mientras que para *C. spinosa* el tiempo de mayor remoción de metales fue a los 32 días de tratamiento.
- El componente hidrográfico de mayor importancia de la zona es el río Ocoña, a partir del cual se obtendrá el recurso hídrico para el mantenimiento del sistema propuesto de 4,771 m³/hectárea/año.

- El Beneficio/Costo para todos los escenarios señala la rentabilidad del sistema propuesto. La mayor rentabilidad se presenta con las propuestas 3 y 4 que consideran el cultivo directo de Tara y un B/C de S/. 6.82 y S/. 2.85 respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la puesta en práctica de la propuesta generada en el presente trabajo de investigación a escala piloto que permita los ajustes requeridos para el óptimo tratamiento de los relaves mineros.
2. Se recomienda estudiar alternativas de utilización de los productos de la Tara en el proceso de recuperación de oro que permita la reducción de costos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. A. Gonzales, «Modelo de sostenibilidad de la minería artesanal de oro para el desarrollo local del distrito de Chala Arequipa,» Tesis Doctoral, Lima, UNMS, Lima, Perú, 2019.
- [2] R. Barrantes, R. Cuenca y J. Morel, Las posibilidades del desarrollo inclusivo: Dos historias regionales, Primera ed., Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2012.
- [3] A. E. Delgadillo, C. A. Gonzáles, F. Prieto, J. R. Villagómes y O. Acevedo, «Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación,» *Tropical and subtropical agroecosystems*, vol. 14, nº 2, pp. 597-612, Diciembre 2011.
- [4] J. Kuramoto y M. Glave, La minería Peruana: Lo que sabemos y lo que aun nos falta saber, Lima: Grade, 2007.
- [5] Ministerio de Energía y Minas, «Actualización del Inventario inicial de pasivos ambientales mineros,» *Resolucion Ministerial 200*, vol. 1, nº 1, pp. 1-515, Junio 2021.
- [6] Ministerio del Ambiente, «La lucha por la legalidad en la actividad Minera,» *MINAM*, vol. 12, nº 1, pp. 22-81, Julio 2016.
- [7] Ministerio de Energía y Minas, «Guía para la elaboración de planes de cierre de minas,» *DGAAM*, vol. 1, nº 1, pp. 5-54, Abril 2006.
- [8] *Notificación N°067-2017-GRA/ARMA/SGCA*, 2017.
- [9] OSINERGMIN, La industria de la minería en el Perú: 20 años en la contribución al crecimiento y desarrollo económico del país., Lima: Biblioteca Nacional del Perú, 2017.

- [10] J. Alvarez, V. Sotero, A. Brack y C. Ipenza, «Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio,» *BNP*, vol. 1, nº 1, pp. 20-33, Abril 2011.
- [11] E. Loaiza, H. Zarate y A. Galloso, «Mineralización y Explotación Minera artesanal en la costa sur media del Perú,» *INGEMET*, vol. 1, nº 1, pp. 6-9, Junio 2008.
- [12] G. L. Mora Palomino, «Evaluación de relave minero y su tratamiento en la Planta Beneficio MVC-2011-II.Sayan-Lima.2017,» Tesis Doctoral, Huacho, UNJFSC, Lima, Perú, 2019.
- [13] J. R. Parga Torres y F. R. Carrillo Pedroza, «Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios,» *Revista de Metalurgia*, vol. 32, nº 4, pp. 254-261, Junio 1995.
- [14] M. Chappuis, «Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú,» *CEPAL*, vol. 168, nº 1, pp. 7-20, Enero 2020.
- [15] Ministerio del Ambiente, «Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas,» *Decreto Supremo 010-2010*, vol. 1, nº 1, pp. 1-3, Agosto 2010.
- [16] A. L. Morales y M. Hantke Domas, «Guía metodológica de cierre de Minas,» *CEPAL*, vol. 1, pp. 37-49, Diciembre 2020.
- [17] A. E. Pérez Méndez, «Evaluación de factibilidad técnica para el tratamiento de relaves con cianuro aplicando el método de oxidación avanzada con radiación uv-solar a nivel de la pequeña Minería Aurífera,» Tesis Maestría, Arequipa, UNSA, Arequipa, Perú, 2018.
- [18] D. Spin, J. Jarrín y O. M. Escobar, «Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto Río Blanco,» *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, vol. 2, nº 4, pp. 1-12, Julio 2017.
- [19] J. Menéndez y S. Muñoz, «Contaminación del agua y suelos por relaves mineros,» *PAIDEIA XXI*, vol. 11, nº 1, pp. 141-154, Junio 2021.
- [20] S. Flores, P. Muñoz, E. Zegarra, N. Flores y J. Flores, «Metología de tratamiento de remediación de pasivos ambientales mineros de Cerro El Toro de Humachuco para el desarrollo sostenible,» *Rev. Inst. investig. Fac. minas metalcienc. geogr.*, vol. 22, nº 44, pp. 85-94, Julio 2019.
- [21] P. Rimarachin Varas y F. Huaranga Moreno, «Tratamiento de aguas de efluentes minero-metalúrgicos utilizando métodos pasivos y activos en sistemas experimentales,» *Sciéndo*, vol. 18, nº 2, pp. 20-29, Abril 2017.
- [22] M. Ebel, M. Evangelou y A. Schae, «Cyanide phytoremediation by water hyacinths (*Eichhornia crassipes*),» *CHEMOSPHERE*, vol. 66, pp. 816-823, Febrero 2007.

- [23] O. Ayanda, T. Ajayi y . F. Asuwaju, «Eichhornia crassipes (Mart.) Solms: Uses, Challenges, Threats, and Prospects,» *The Scientific World Journal*, vol. 2020, pp. 1-12, Julio 2020.
- [24] P. Kumar Rai y M. Muni Singh, «Eichhornia crassipes as a potential phytoremediation agent and an important bioresource for Asia Pacific region,» *Environmental Skeptics and Critics*, vol. 5, nº 1, pp. 12-15, Marzo 2016.
- [25] L. Primo de la Cruz, «Aprovechamiento Integral y Racional de la Tara Caesalpinia spinosa-Caesalpinia tinctoria,» *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, vol. 7, nº 14, pp. 64-73, Diciembre 2004.
- [26] INGEMMET, Estudio geoambiental en la Cuenca del Río Ocoña, Lima: Biblioteca Nacional del Peru, 2021.
- [27] A. F. Soto Mayorga, «Influencia minerográfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos de la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco,» Tesis Maestría, Lima, UNMSM, Perú, 2021.
- [28] M. Beltrán Villavicencio, «Fitoextracción en suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles,» Tesis de Maestría, Ciudad de México, UAM, México, 2001.
- [29] H. Miniño, A. Rendina, M. Barros, A. Bursztyn, A. De los Ríos, D. Wassner y A. De Iorio, «Uso de ligandos orgánicos en la fitoextracción de Plomo por Ricino (Ricino commnis L.),» *AUGMDOMUS*, vol. 6, pp. 66-80, Agosto 2014.
- [30] H. Ortega Ortiz, A. Benavides Mendoza, R. Arteaga Alonso y A. Zermeño Gonzáles, «Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados,» *Scientific Research Journal*, vol. 1, nº 1, pp. 25-36, Junio 2021.
- [31] O. Cartaya, Í. Reynaldo, C. Peniche y M. Garrido, «Empleo de polímeros naturales como alternativa para la remediación de suelos contaminados por metales pesados,» *SCIELO*, vol. 27, nº 1, pp. 41-46, Junio 2012.
- [32] M. Peralta Pérez y T. Volke Sepúlveda, «La defensa antioxidante en las plantas: Una herramienta clave para la fitorremediación,» *Rev. Mex. Ing. Quím*, vol. 11, nº 1, pp. 75-88, Junio 2022.
- [33] O. Nwachukwu y I. Pulford, «Soil metal immobilization and ryegrass uptake of lead, copper and zinc as affected by application of organic materials as soil amendments in a short-term greenhouse trial,» *Soil Use and Management*, vol. 25, pp. 159-167, Junio 2009.
- [34] H. Ortiz Cano, R. Trejo Calzada, R. Valdez Cepeda, J. Arreola Ávila, A. Flores Hernández y B. López Ariza, «Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (Amaranthus hybridus L.) y micorrizas,» *Rev. Chapingo Ser.Hortic*, vol. 15, nº 2, pp. 161-168, Junio 2022.


- [35] P. Kidd, C. Becerra Castro, M. García Leston y C. Monterroso , «Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L.,» *ECOSISTEMAS*, vol. 16, nº 2, pp. 26-43, Mayo 2007.
- [36] J. V. Vidal Durango, J. L. Marrugo Negrete, B. Jaramillo Colorado y L. M. Perez Castro, «Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (*Cecropia peltata*),» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 27, pp. 113-129, Junio 2010.
- [37] M. d. C. A. González Chávez, «Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos,» *Terra Latinoamericana*, vol. 23, nº 1, pp. 29-37, Marzo 2005.
- [38] A. Millones Soriano y R. Huapaya Raygada, *Memoria Anual 2017 Activos Mineros S.A.C.*, Lima: Activos Mineros S.A.C., 2018.
- [39] J. Garzon, J. P. Rodriguez Miranda y C. Hernandez Gomez, «Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relacion con el desarrollo sostenible,» *Universidad y Salud*, vol. 1, nº 1, pp. 2-8, 2017.
- [40] A. L. Romero Rey, «Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de (kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en las Minas de la región central del Perú,» Tesis de Maestria, Huancayo, UNCP, Huancayo, Perú, 2015.
- [41] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. p. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, vol. 6, Mexico D.F: McGra W-Hill, 2016.
- [42] *RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N°2371-2017-ANA/AAA I-CO*, 2017.
- [43] A. C. Gonzáles Valoys , j. Arrocha, T. Monteza Destro, M. Vargas Lombardo, J. M. Esbrí , E. García Ordiales, R. Jiménez Ballesta, F. J. García Navarro y P. Higuera, «Environmental challenges related to cyanidation in Central American gold mining; the Remance mine (Panama),» *Journal of Environmental Management*, pp. 2-8, 17 Octubre 2021.
- [44] L. CuiCui, D. Jian, F. Gouyan, L. Ya, L. Yonggang, Qianpeng y Y. Shufeng, «Present situation and prospect of recovering valuable elements from,» *Chemical Managment*, vol. 67, nº 4, pp. 1081-1087, 2018.
- [45] M. Kohzadi Chegeni, A. Shahedi, A. Khodadadi Darbana, A. Jamshidi Zanjani y M. Homae, «Simultaneous removal of lead and cyanide from the synthetic solution and effluents of gold processing plants using electrochemical method,» *Water Process Enginnering*, vol. 1, nº 43, pp. 2-9, 2021.
- [46] E. S. Wong López, «Evaluación de la contaminación por cianuro de la minería artesanal en,» *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, vol. 17, nº 4, pp. 33-43, 2021.

- [47] R. SUDHAKAR M. y R. B.V. VENKATARAMA, «Characterization of Kolar gold field mine tailings,» *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 24, pp. 1545-1559, 2006.
- [48] J. A. Gallo Corredor, G. L. Vargas Gonzáles, M. Velasco Granados, L. Gutierrez y E. H. Perez, «Use of the gray water footprint as an indicator of contamination caused by artisanal mining in Colombia,» *Resources Policy*, vol. 73, pp. 2-9, Octubre 2021.
- [49] N. S. W. S. T. M. M.M. Manyuchi, «Influence of sawdust based biochar on gold tailings wastewater heavy metal contaminants removal,» *South African Journal of Chemical Engineering*, vol. 37, pp. 81-91, 2021.
- [50] A. C. Rojas Quinto, «Gestión ambiental de los residuos sólidos (Relaves) Generado como producto del beneficio de minerales en la planta concentradora de minerales HUARI-UNCP La Oroya,» Tesis Maestría, Trujillo, UNT, Trujillo, Perú, 2010.
- [51] W. R. Calderon Cruz, «Límites máximos permisibles y sus efecto en la contaminación ambiental en los relaves de la Minera El Brocal Colquijirca,» Tesis Maestría, Callao, UNAC, Callao, Perú, 2017.
- [52] J. V. Manrique, M. Loarte Rubina y R. Figueroa Tauquino, «ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES "MESAPATA" PERÍODO 2005-2007,» *Aporte Santiaguino*, vol. 1, nº 2, pp. 19-23, 2008.
- [53] J. D. Osorio Botero, «Alternativa Metalúrgica (Sonometalurgia) para la separación selectiva de minerales auríferos en relaves mineros.,» Tesis de Maestría, Medellín, UNC, Medellín, Colombia, 2019.
- [54] F. R. Huaranga Moreno, E. F. Rodríguez Rodríguez, E. F. Méndez García y F. Bernuí Paredes, «Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad-Perú, 2021,» *Arnaldoa*, vol. 28, nº 3, pp. 633-650, 2021.
- [55] J. J. Villena Velásquez, J. F. F. Seminario Cunya y M. A. Valderrama Cabrera, «Variabilidad morfológica de la "tara" *Caesalpinia spinosa* (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: descriptores de fruto y semilla,» *Arnaldoa*, vol. 26, nº 2, pp. 555-574, 2019.
- [56] A. Kafle, A. Timilsina, A. Gautam, K. Adhikari, A. Bhattarai y N. Aryal, «Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents,» *Environmental Advances*, vol. 8, pp. 2-12, 2022.
- [57] S. C. Ribeiro de Souza, S. A. López de Andrade, L. Anjos de Souza y M. Aparecida Schiavinato, «Lead tolerance and phytoremediation potential of Brazilian leguminous tree species at the seedling stage,» *Journal of Environmental Management*, vol. 110, pp. 299-307, Noviembre 2012.

- [58] V. Chandra Pandey, P. Mahahan y P. Saika, «Chapter 4- Woody fiber crops in phytoremediation,» *Fiber crop-based Phytoremediation*, pp. 89-113, 24 Junio 2022.
- [59] T. Nyenda, W. Gwenzi, C. Gwata y S. M. Jacobs, «Leguminous tree species create islands of fertility and influence the understory vegetation on nickel-mine tailings of different ages,» *Ecological Engineering*, vol. 155, Mayo 2020.
- [60] M. M. Lasat , «The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals,» *Environmental Science and Engineering Fellow*, p. 33, 2000.
- [61] L. Sanchez Reyes, «Cierre de minas - Buenaventura,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.buenaventura.com/es/sostenibilidad/cierre-de-minas>.
- [62] W. P. S. I. y. C. Consultores, «Plan de Cierre de Minas Proyecto Quellaveco,» Abril 2012. [En línea]. Available: <http://www.energiayminasmoquegua.gob.pe>.
- [63] A. M. S.A.C, «Memoria Anual 2021,» [En línea]. Available: https://www.amsac.pe/wp-content/uploads/2022/04/MEMORIA-21_WEB.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1: Documento aprobación de la empresa

Permiso de autorización de la Empresa	
Arequipa, 21 de Diciembre del 2020	
<p>La empresa DA-CREIN S.A., con R.U.C. N° 20454170858 se compromete a brindar la información solicitada para el desarrollo del trabajo arriba mencionado, la misma que solo puede ser utilizada para fines estrictamente académicos vinculados al trabajo. Declaramos conocer que el trabajo de tesis <i>Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de la planta concentradora DA – CREIN S.A., Ocoña – Arequipa, 2021</i>, será de público conocimiento a través del repositorio institucional de la universidad.</p>	
Cordialmente,	
Nombres y apellidos del representante de la institución:	PLATON EULER LUQUE CHUQUIJA
D.N.I	01989882
Cargo que ocupa:	GERENTE GENERAL
Firma y sello:	DA-CREIN S.A.  <i>Platón Euler Luque Chuquija</i> GERENTE GENERAL

Anexo 2: Determinación especie vegetal *Caesalpinia spinosa*



INSTITUTO CIENTÍFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)
Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos
Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-SERFOR/DGGSPFFS



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 014-2021

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por los Srs. **Jheison Edgard Gordillo Tinoco** y **José Luis Rodríguez Salas**, recolectada en el distrito de Punta de Bombón del Valle de Tambo, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas 17°10'13"S y 71°47'46"O, para la realización de la tesis: "**Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de la planta concentradora DA - CREIN S.A.**", fue determinada taxonómicamente en las instalaciones del Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon, "Herbario Sur Peruano" (HSP), y corresponde a:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Fabales Bromhead

Familia: Fabaceae Lindl.

Género: *Caesalpinia* L.

Especie: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

La clasificación se ha realizado según la propuesta por: *Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV* en "*An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV*" (2016).

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Arequipa, 14 de setiembre del 2021



Dr. Blgo. Víctor Quipuscoa Silvestre
C. B. P. N° 2484
Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
vquipuscoa@hotmail.com
vquipuscoa@imod.org.pe



Anexo 3: Determinación especie vegetal *Eichhornia crassipes*.



INSTITUTO CIENTÍFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)

Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos

Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-SERFOR/DGGSPFFS



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS
N° 013-2021**

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por los Srs. **Jheison Edgard Gordillo Tinoco** y **José Luis Rodríguez Salas**, recolectada en el distrito de Dean Valdivia, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas L.S. 17.119974 y L.O.71.890135, para la realización de la tesis: "**Propuesta de sistema de tratamiento por fitorremediación de relaves mineros auríferos cianurados como parte del Plan de Cierre de la planta concentradora DA - CREIN S.A.**", fue determinada taxonómicamente en las instalaciones del Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon, "Herbario Sur Peruano" (HSP), y corresponde a:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Commelinales Mirb. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Pontederiaceae Kunth

Género: *Eichhornia* Kunth

Especie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

La clasificación se ha realizado según la propuesta por: *Angiosperm Phylogeny Group* (APG) IV en "*An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV*" (2016).

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Arequipa, 14 de setiembre del 2021



Dr. Blgo. Víctor Quipuscoa Silvestre

C. B. P. N° 2484

Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)

Herbario Sur Peruano (HSP)

vquipuscoas@hotmail.com

vquipuscoa@imod.org.pe



Dirección: Av. Jorge Chávez No. 610 Cercado, Arequipa - Perú

Página web: <http://www.imod.org.pe/>

Correo: imod.per@gmail.com

Anexo 4: Determinación de relave basal.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13136

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSE LUIS RODRIGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA - CREIN
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSE LUIS RODRIGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000004791-2021-0001
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-10-12
10.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME MODIFICADO	: 2021-10-14

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelo
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-09-27
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-09-27 al 2021-10-12



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13136

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-42016
CÓDIGO DEL CLIENTE:				BASAL RELAVE
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				25-09-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Cianuro Total ²	mg CN-/Kg MS	0,2	0,5	<0,5
Sólidos Totales (**)	%	0,01	0,03	94,74

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "[<]"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "[<]"= Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13136

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-42016
CÓDIGO DEL CLIENTE:				BASAL RELAVE
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				25-09-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos				
ICP MS ²				
Aluminio	mg/Kg	0,10	0,30	3 705,67
Antimonio	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Arsénico	mg/Kg	0,02	0,10	1 248,86
Bario	mg/Kg	0,01	0,03	38,75

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13136

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-42016
CÓDIGO DEL CLIENTE:				BASAL RELAVE
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				25-09-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Berilio	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Bismuto	mg/Kg	0,06	0,20	2,66
Boro	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio	mg/Kg	0,005	0,020	17,562
Calcio	mg/Kg	0,1	0,4	44 796,6
Cerio	mg/Kg	0,04	0,10	0,75
Cobalto	mg/Kg	0,05	0,20	10,37
Cobre	mg/Kg	0,005	0,020	748,220
Cromo	mg/Kg	0,01	0,03	7,36
Estaño	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Estroncio	mg/Kg	0,05	0,20	83,19
Fosforo	mg/Kg	0,04	0,10	536,00
Hierro	mg/Kg	0,06	0,20	35 960,42
Litio	mg/Kg	0,003	0,010	0,031
Magnesio	mg/Kg	0,06	0,20	4 096,59
Manganeso	mg/Kg	0,01	0,03	1 309,54
Mercurio	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Molibdeno	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Niquel	mg/Kg	0,01	0,04	2,32

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13136

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-42016
CÓDIGO DEL CLIENTE:				BASAL RELAVE
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				25-09-2021 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Plata	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Plomo	mg/Kg	0,05	0,20	1 060,09
Potasio	mg/Kg	0,30	1,00	814,54
Selenio	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20
Silicio	mg/Kg	0,02	0,07	346,44
Sodio	mg/Kg	0,03	0,10	1 707,93
Talio	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Titanio	mg/Kg	0,03	0,10	54,01
Torio	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Uranio	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Vanadio	mg/Kg	0,01	0,04	9,47
Zinc	mg/Kg	0,01	0,02	632,21

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

El presente informe ha sido generado ha solicitud del cliente y los resultados forman parte del: IE-21-11967

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 5: Normativa de los LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades
Minero – Metalúrgicas (D.S. N°010-2010-MINAM)

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

ANEXO 6: Resultados de *Eichhornia crassipes* (0,8,16,32 días de tratamiento)

Eichhornia crassipes (0 días)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15323

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TIÑO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TIÑO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-5840
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-12-13

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Tejidos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-11-23
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-11-23 al 2021-12-13

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15323

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ²	EPA METHOD 200.3, Rev. 1, 1991/ EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994	Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15323

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57766
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. CRASSIPES BASAL
COORDENADAS:				E:1816991.8
UTM WGS 84:				N:767935.3
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				23-11-2021 13:09
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales				
Aluminio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	107,5
Antimonio ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Arsénico ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Bario ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	25,9
Berilio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	38,9
Calcio ²	mg/Kg MS	1,0	3,3	16 162,4
Cobalto ²	mg/Kg MS	0,2	1,0	<1,0
Cobre ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	15,0
Cromo ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0
Estroncio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	140,39
Fosforo ²	mg/Kg MS	6,0	20,0	2 101,7
Hierro ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	381,8
Litio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Magnesio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	6 228,2
Manganeso ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	306,9
Mercurio ²	mg/Kg MS	0,9	3,0	<3,0
Molibdeno ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15323

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57766
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. CRASSIPES BASAL
COORDENADAS:				E:1816991.8
UTM WGS 84:				N:767935.3
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				23-11-2021 13:09
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Niquel ²	mg/Kg MS	0,5	2,0	<2,0
Plata ²	mg/Kg MS	0,20	0,70	<0,70
Plomo ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Potasio ²	mg/Kg MS	30,0	99,0	17 848,5
Selenio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	<7,0
Sodio ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	10 864,2
Talio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Torio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Uranio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Vanadio ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	<1,0
Zinc ²	mg/Kg MS	0,2	0,7	75,5

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<="= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<="= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Resultados *Eichhornia crassipes* (8 días)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18564

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - JACINTO DE AGUA (08 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-0005
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-01-18

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Tejidos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-04
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-04 al 2022-01-18

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18564**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ²	EPA METHOD 200.3, Rev. 1, 1991/ EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994	Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18564
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-00285
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. GRASSIPES BASAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				04-01-2022 09:33
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales				
Aluminio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	63,5
Antimonio ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Arsénico ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Bario ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	6,5
Berilio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Calcio ²	mg/Kg MS	1,0	3,3	5 405,3
Cobalto ²	mg/Kg MS	0,2	1,0	<1,0
Cobre ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	23,6
Cromo ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0
Estroncio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	32,59
Fosforo ²	mg/Kg MS	6,0	20,0	378,1
Hierro ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	449,6
Litio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Magnesio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	1 846,0
Manganeso ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	165,8
Mercurio ²	mg/Kg MS	0,9	3,0	<3,0
Molibdeno ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18564

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-00285
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. CRASSIPES BASAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				04-01-2022 09:33
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Niquel ²	mg/Kg MS	0,5	2,0	<2,0
Plata ²	mg/Kg MS	0,20	0,70	<0,70
Plomo ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	34,2
Potasio ²	mg/Kg MS	30,0	99,0	6 278,5
Selenio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	<7,0
Sodio ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	5 056,5
Talio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Torio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Uranio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Vanadio ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	<1,0
Zinc ²	mg/Kg MS	0,2	0,7	28,6

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<="= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<="= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Resultados *Eichhornia crassipes* (16 días)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-355

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - JACINTO DE AGUA (16 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-0098
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-01-24

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Tejidos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-12
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-12 al 2022-01-24

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-355**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ²	EPA METHOD 200.3, Rev. 1, 1991/ EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994	Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

¹EPA* - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-355

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-01719
CÓDIGO DEL CLIENTE:				V.01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				12-01-2022 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales				
Aluminio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	130,2
Antimonio ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Arsénico ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Bario ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	7,5
Berilio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Calcio ²	mg/Kg MS	1,0	3,3	21 328,9
Cobalto ²	mg/Kg MS	0,2	1,0	<1,0
Cobre ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	20,6
Cromo ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0
Estroncio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	107,15
Fosforo ²	mg/Kg MS	6,0	20,0	578,2
Hierro ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	1 128,2
Litio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Magnesio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	6 131,8
Manganeso ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	550,2
Mercurio ²	mg/Kg MS	0,9	3,0	<3,0
Molibdeno ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-355

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-01719
CÓDIGO DEL CLIENTE:				V-01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				12-01-2022 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Niquel ²	mg/Kg MS	0,5	2,0	<2,0
Plata ²	mg/Kg MS	0,20	0,70	<0,70
Plomo ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Potasio ²	mg/Kg MS	30,0	99,0	8 121,9
Selenio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	<7,0
Sodio ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	9 873,8
Talio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Torio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Uranio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Vanadio ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	<1,0
Zinc ²	mg/Kg MS	0,2	0,7	31,0

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Resultados de *Eichhornia crassipes* (32 días).



INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1047

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN : NO INDICA
3.-PROYECTO : TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - JACINTO DE AGUA (32 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA : ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-22-0325
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-02-08

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Tejidos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-01-28
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-01-28 al 2022-02-08

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1047

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ²	EPA METHOD 200.3, Rev. 1, 1991/ EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994	Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

¹EPA* - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1047
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-03718
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. CRASSIPE BASAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				28-01-2022 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales				
Aluminio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	148,4
Antimonio ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Arsénico ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Bario ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	17,3
Berilio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	1,0
Calcio ²	mg/Kg MS	1,0	3,3	21 276,1
Cobalto ²	mg/Kg MS	0,2	1,0	<1,0
Cobre ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	31,7
Cromo ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0
Estroncio ²	mg/Kg MS	0,03	0,10	92,34
Fosforo ²	mg/Kg MS	6,0	20,0	936,9
Hierro ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	1 199,1
Litio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	4,2
Magnesio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	6 445,8
Manganeso ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	795,4
Mercurio ²	mg/Kg MS	0,9	3,0	<3,0
Molibdeno ²	mg/Kg MS	0,4	1,0	<1,0

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1047

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-03718
CÓDIGO DEL CLIENTE:				E. CRASSIPE BASAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				TEJIDOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				28-01-2022 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Niquel ²	mg/Kg MS	0,5	2,0	<2,0
Plata ²	mg/Kg MS	0,20	0,70	<0,70
Plomo ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	72,5
Potasio ²	mg/Kg MS	30,0	99,0	18 012,3
Selenio ²	mg/Kg MS	2,0	7,0	<7,0
Sodio ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	17 910,8
Talio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Torio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Uranio ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0
Vanadio ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	<1,0
Zinc ²	mg/Kg MS	0,2	0,7	57,9

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<="= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<="= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 7: Resultados de Solución Relave *Eichhornia crassipes* (0,8,16,32 días de tratamiento).

Solución Relave *Eichhornia crassipes* (0 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18223

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN : NO INDICA
3.-PROYECTO : TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN
- RELAVE (0 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA : ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-21-6569
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-01-18

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-12-29
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-12-29 al 2022-01-18

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo estan relacionados con los items ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18223**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994 / EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994. VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18223

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-68755
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				29-12-2021 14:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales ICP-MS				
Aluminio ²	mg/L	0,001	0,003	43,370
Antimonio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico ²	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Bario ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,2940
Berilio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro ²	mg/L	0,0003	0,0010	0,3289
Cadmio ²	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Calcio ²	mg/L	0,001	0,004	1 901,269
Cerio ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto ²	mg/L	0,0005	0,0020	0,0715
Cobre ²	mg/L	0,0001	0,0002	6,8785
Cromo ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,4270
Estaño ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio ²	mg/L	0,00002	0,00005	3,09926
Fosforo ²	mg/L	0,002	0,006	<0,006
Hierro ²	mg/L	0,001	0,002	251,412
Litio ²	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "[<]"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "[<]"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18223

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-68755
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				29-12-2021 14:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/L	0,0006	0,0020	93,9968
Manganeso ²	mg/L	0,00002	0,00005	47,37500
Mercurio ²	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdeno ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Plata ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo ²	mg/L	0,0008	0,0010	41,7129
Potasio ²	mg/L	0,003	0,010	34,987
Selenio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silice (**)	mg/L	0,0010	0,0020	146,3851
Silicio ²	mg/L	0,0002	0,0007	68,3130
Sodio ²	mg/L	0,0003	0,0010	264,5367
Talio ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Zinc ²	mg/L	0,0001	0,0002	3,2898

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Solución Relave *Eichhornia crassipes* (8 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18510

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - RELAVE (08 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-0005
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-01-18

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-04
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-04 al 2022-01-18

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18510

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994 / EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994. VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18510

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-00115
CÓDIGO DEL CLIENTE:				A. RESIDUAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-0PE-1.5
FECHA y HORA DE MUESTREO:				04-01-2022 09:04
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales ICP-MS				
Aluminio ²	mg/L	0,001	0,003	13,943
Antimonio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico ²	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Bario ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,3960
Berilio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro ²	mg/L	0,0003	0,0010	0,7045
Cadmio ²	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Calcio ²	mg/L	0,001	0,004	3 193,130
Cerio ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto ²	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020
Cobre ²	mg/L	0,0001	0,0002	5,8798
Cromo ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Estaño ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio ²	mg/L	0,00002	0,00005	5,58514
Fosforo ²	mg/L	0,002	0,006	<0,006
Hierro ²	mg/L	0,001	0,002	180,445
Litio ²	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-18510

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-00115
CÓDIGO DEL CLIENTE:				A. RESIDUAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO:				04-01-2022 09:04
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/L	0,0006	0,0020	110,3150
Manganeso ²	mg/L	0,00002	0,00005	86,29820
Mercurio ²	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdeno ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Plata ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo ²	mg/L	0,0008	0,0010	20,5682
Potasio ²	mg/L	0,003	0,010	42,949
Selenio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silice (**)	mg/L	0,0010	0,0020	117,9040
Silicio ²	mg/L	0,0002	0,0007	55,0219
Sodio ²	mg/L	0,0003	0,0010	313,8200
Talio ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,0094
Zinc ²	mg/L	0,0001	0,0002	5,2416

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Solución Relave *Eichhornia crassipes* (16 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-352

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - RELAVE (16 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-0098
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-01-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-12
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-12 al 2022-01-21

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-352

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994 / EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994. VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-352

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-01716
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				12-01-2022 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales ICP-MS				
Aluminio ²	mg/L	0,001	0,003	16,489
Antimonio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico ²	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Bario ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,4644
Berilio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro ²	mg/L	0,0003	0,0010	0,6935
Cadmio ²	mg/L	0,0001	0,0002	0,2359
Calcio ²	mg/L	0,001	0,004	3 849,685
Cerio ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto ²	mg/L	0,0005	0,0020	0,1496
Cobre ²	mg/L	0,0001	0,0002	5,4590
Cromo ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Estaño ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio ²	mg/L	0,00002	0,00005	6,25620
Fosforo ²	mg/L	0,002	0,006	<0,006
Hierro ²	mg/L	0,001	0,002	172,939
Litio ²	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "[<]"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "[<]"= Menor que el L.D.M.
"-": No ensayado
NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-352

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-01716
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-01
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				12-01-2022 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/L	0,0006	0,0020	130,6127
Manganeso ²	mg/L	0,00002	0,00005	98,13160
Mercurio ²	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdeno ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Plata ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo ²	mg/L	0,0008	0,0010	24,3365
Potasio ²	mg/L	0,003	0,010	39,730
Selenio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silice (**)	mg/L	0,0010	0,0020	139,0661
Silicio ²	mg/L	0,0002	0,0007	64,8975
Sodio ²	mg/L	0,0003	0,0010	247,4293
Talio ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Zinc ²	mg/L	0,0001	0,0002	6,9316

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Solución Relave *Eichhornia crassipes* (32 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1049

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - RELAVE (32 DÍAS)
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000325-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-02-03

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-28
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-28 al 2022-02-03

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1049

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994 / EPA Method 200.8, Revision 5.4, 1994. VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1049
IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-03719
CÓDIGO DEL CLIENTE:				A. RESIDUAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				28-01-2022 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales ICP-MS				
Aluminio ²	mg/L	0,001	0,003	28,897
Antimonio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico ²	mg/L	0,0002	0,0010	3,1719
Bario ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,3707
Berilio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro ²	mg/L	0,0003	0,0010	0,9603
Cadmio ²	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Calcio ²	mg/L	0,001	0,004	3 443,368
Cerio ²	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto ²	mg/L	0,0005	0,0020	0,2104
Cobre ²	mg/L	0,0001	0,0002	8,6807
Cromo ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,2567
Estaño ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio ²	mg/L	0,00002	0,00005	5,65030
Fosforo ²	mg/L	0,002	0,006	<0,006
Hierro ²	mg/L	0,001	0,002	220,953
Litio ²	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "[<]"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "[<]"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1049

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-03719
CÓDIGO DEL CLIENTE:				A. RESIDUAL
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				28-01-2022 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/L	0,0006	0,0020	142,7692
Manganeso ²	mg/L	0,00002	0,00005	89,99030
Mercurio ²	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdeno ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Plata ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo ²	mg/L	0,0008	0,0010	30,6965
Potasio ²	mg/L	0,003	0,010	20,826
Selenio ²	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silice (**)	mg/L	0,0010	0,0020	164,7325
Silicio ²	mg/L	0,0002	0,0007	76,8752
Sodio ²	mg/L	0,0003	0,0010	137,5152
Talio ²	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio ²	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio ²	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio ²	mg/L	0,0001	0,0003	0,0044
Zinc ²	mg/L	0,0001	0,0002	8,9785

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 8: Resultados Suelos de *Caesalpinia spinosa* (0,8,16,32 días de tratamiento)

Suelos de *Caesalpinia spinosa* (0 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15324

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRIGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRIGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005840-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-12-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-11-23
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-11-23 al 2021-12-06

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15324

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ²	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/ EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)	Inductively coupled plasma?mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils

¹EPA* - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15324

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57767
CÓDIGO DEL CLIENTE:				B_SUSTRATO
COORDENADAS:				E:1816991.8
UTM WGS 84:				N:7679353
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				23-11-2021 13:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos				
ICP MS				
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	1 998,24
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	714,16
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	37,92
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	11,623
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	28 291,4
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	5,05
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	7,92
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	414,031
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	6,74
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	62,17
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	1 106,30
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	21 134,58
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	2,855

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "[<]"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "[<]"= Menor que el L.D.M.

*=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15324

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57767
CÓDIGO DEL CLIENTE:				B. SUSTRATO
COORDENADAS:				E:1816991.8
UTM WGS 84:				N:7679353
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				23-11-2021 13:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	3 352,89
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	789,69
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	2,45
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	6,89
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	628,22
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	5 901,16
Selenio ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20
Silicio ²	mg/Kg	0,02	0,07	174,74
Sodio ²	mg/Kg	0,03	0,10	1 797,08
Talio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Titanio ²	mg/Kg	0,03	0,10	88,47
Torio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Uranio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Vanadio ²	mg/Kg	0,01	0,04	10,43
Zinc ²	mg/Kg	0,01	0,02	409,90

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Suelos de *Caesalpinia spinosa* (8 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15867

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN
4.-PROCEDENCIA	: ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE	: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000006059-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-12-14

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-12-01
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-12-01 al 2021-12-14

Gabby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15867

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ²	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/ EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)	Inductively coupled plasma mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils

¹EPA* - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15867

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-60253
CÓDIGO DEL CLIENTE:				Q1
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				01-12-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos				
ICP MS				
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	3 192,29
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	1 245,19
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	43,83
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	18,238
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	37 169,1
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	4,97
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	11,22
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	638,411
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	4,22
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	75,51
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	987,97
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	33 263,51
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	<0,010

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "²"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "²"= Menor que el L.D.M.

*": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15867

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-60253
CÓDIGO DEL CLIENTE:				O1
COORDENADAS:				E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				01-12-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	3 779,45
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	1 123,27
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	2,30
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	747,91
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	2 623,41
Selenio ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20
Silicio ²	mg/Kg	0,02	0,07	248,74
Sodio ²	mg/Kg	0,03	0,10	659,65
Talio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Titanio ²	mg/Kg	0,03	0,10	83,47
Torio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Uranio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Vanadio ²	mg/Kg	0,01	0,04	10,38
Zinc ²	mg/Kg	0,01	0,02	678,71

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Suelos de *Caesalpinia spinosa* (16 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-16657

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
2.-DIRECCIÓN : NO INDICA
3.-PROYECTO : TESIS UTP-SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RELAVE MINERO AURIFERO CIANURADO DA-CREIN - SUELOS TARA (16 DIAS)
4.-PROCEDENCIA : ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN EN AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
5.-SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS / JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-21-6253
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-12-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-12-11
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-12-11 al 2021-12-21

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-16657

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ²	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/ EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)	Inductively coupled plasma mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils

¹EPA* - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-16657
IV. RESULTADOS

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-63767	M-21-63768
CÓDIGO DEL CLIENTE:				B. RELAVE	B. TARA
COORDENADAS:				E:767935.3	E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8	N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				11-12-2021 10:00	11-12-2021 10:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos					
ICP MS					
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	2 953,64	3 878,29
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	1 027,53	432,02
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	29,64	70,83
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	<0,020	<0,020
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	43 076,4	26 929,5
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	2,35	5,44
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	6,01	3,79
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	568,658	274,345
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	0,91	0,06
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	67,58	78,04
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	550,37	1 156,09
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	27 969,00	18 183,10
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	<0,010	<0,010

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*=: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-16657

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-63767	M-21-63768
CÓDIGO DEL CLIENTE:				B. RELAVE	B. TARA
COORDENADAS:				E:767935.3	E:767935.3
UTM WGS 84:				N:1816991.8	N:1816991.8
PRODUCTO:				SUELOS	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				11-12-2021 10:00	11-12-2021 10:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	3 334,80	4 219,23
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	1 194,86	633,82
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	880,84	415,21
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	903,45	4 537,00
Selenio ²	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20
Silicio ²	mg/Kg	0,02	0,07	436,46	295,75
Sodio ²	mg/Kg	0,03	0,10	2 058,81	1 247,59
Talio ²	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio ²	mg/Kg	0,03	0,10	26,63	237,11
Torio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio ²	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio ²	mg/Kg	0,01	0,04	5,52	17,59
Zinc ²	mg/Kg	0,01	0,02	550,64	281,60

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 9: Resultado de *Caesalpinia spinosa* (0,8,16,32 días de tratamiento)

Caesalpinia spinosa (0 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYOS Nº 6445- 2021

PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS/JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
DIRECCIÓN : AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
PRODUCTO DECLARADO : MATERIAL VEGETAL (C.SPINOSA-BASAL)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Tallos y hojas de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : C. Spinosa-Basal
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: " Sistema de tratamiento de Relave Minero aurífero cianurado Da-Creïn"
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 170 g aprox. para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsa de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO Nº : 1998-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 17/11/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	MATERIAL VEGETAL (C.SPINOZA-BASAL)	
		C. Spinoza-Basal	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0.04816	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	583.51	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	4.40402	mg/Kg
FQ	B (Boro)	164.789	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	11.5641	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	0.02105	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	0.04142	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	10216.37	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	0.09985	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	1.28255	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	0.52387	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	1.82516	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	1.05570	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	10.264	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	971.08	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	0.0540	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	4797.82	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	10.37414	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	1456.87	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	37.5059	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	0.89642	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	3284.42	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	1.2089	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	733.89	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	27.8791	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	1.38091	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	0.0991	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	<0.11	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	0.19522	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	63.5698	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	25.4800	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	0.01964	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	0.14904	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	5.9894	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	16.061	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" Indica menor al límite de detección del método

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/11/2021 al 27/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/11/2021



Ing. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Resultado de *Caesalpinia spinosa* (8 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYOS N° 6837- 2021 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS/JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
DIRECCIÓN : AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
PRODUCTO DECLARADO : MATERIAL VEGETAL (C.SPINOSA-BASAL)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Tallos y hojas de color verde.
CODIFICACIÓN / MARCA : C. Spinosa-8días
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: " Sistema de tratamiento de Relave Minero aurífero cianurado Da-Creim"
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 130 g aprox. para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsa de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 2094-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/11/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS Nº 6837- 2021
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	MATERIAL VEGETAL (C.SPINOSA-BASAL)	
		C. Spinosa-8días	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0.20507	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	140.62	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	5.60126	mg/Kg
FQ	B (Boro)	118.792	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	4.5408	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	0.02783	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	0.58691	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	8243.89	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	0.11572	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	0.32684	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	0.27245	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	0.85249	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	0.25633	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	15.234	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	395.166	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	0.4101	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	8319.86	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	11.21423	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	1230.40	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	19.2323	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	0.78365	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	3450.98	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	0.4101	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	764.61	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	11.0150	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	0.37351	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	0.0439	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	396.95	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	0.44529	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	56.0126	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	6.0934	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	0.00879	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	0.09662	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	1.0986	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	14.941	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2021 al 11/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 11/12/2021



Miguel Valdivia Martínez
Bigo, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Resultado de *Caesalpinia spinosa* (16 días de tratamiento)



INFORME DE ENSAYOS N° 7104-2021
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ SALAS/JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
DIRECCIÓN : AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
PRODUCTO DECLARADO : MATERIAL VEGETAL (TARA)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Tallos y hojas de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : Tara - 16 días
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: " Sistema de tratamiento de Relave Minero aurífero cianurado Da-Creïn"
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 150 g aprox. para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsa de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 2161-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 09/12/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	MATERIAL VEGETAL (TARA)	UNIDADES
		Tara - 16 días	
FQ	Ag (Plata)	0.12432	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	151.71	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	4.48961	mg/Kg
FQ	B (Boro)	103.019	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	4.9607	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	<0.00002	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	0.13436	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	5688.36	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	0.07032	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	0.35344	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	0.32733	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	1.03351	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	0.34219	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	12.842	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	327.143	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	0.2090	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	8500.88	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	4.79319	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	928.22	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	22.7033	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	0.92672	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	1563.94	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	0.5858	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	808.62	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	16.1538	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	0.80090	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	0.0582	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	120.93	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	0.09401	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	35.8843	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	7.2520	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	0.00905	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	0.06607	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	2.3830	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	12.552	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 09/12/2021 al 20/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 21/12/2021




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRIGUEZ SALAS/JHEISON EDGARD GORDILLO TINOCO
DIRECCIÓN : AV. KENNEDY 1307 - PAUCARPATA
PRODUCTO DECLARADO : MATERIAL VEGETAL (TARA)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Tallos y hojas de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : Tara - 32 días
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: " Sistema de tratamiento de Relave Minero aurífero cianurado Da-Crein"
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 200 g aprox. para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsa de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 2265-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 23/12/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	MATERIAL VEGETAL (TARA)	UNIDADES
		Tara - 32 días	
FQ	Ag (Plata)	0.17188	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	116.27	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	3.88229	mg/Kg
FQ	B (Boro)	83.344	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	4.7267	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	0.00507	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	0.26076	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	5468.66	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	0.07507	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	0.27956	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	0.28012	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	1.10717	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	0.25530	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	15.308	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	274.588	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	0.2821	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	9059.48	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	5.37214	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	828.93	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	17.5008	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	1.51264	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	1291.99	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	0.5771	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	667.56	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	19.0965	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	0.68364	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	0.0680	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	107.16	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	2.17831	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	35.4685	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	6.7703	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	0.00949	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	0.06170	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	2.5355	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	11.221	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/12/2021 al 06/01/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 06/01/2022



Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe