

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de los riesgos generados por pasivos  
ambientales mineros en el distrito de El Tambo - Huancayo,  
2021**

Rafael Vladimir Cervantes Rojas  
Jimmy Carlos Molero Cáceres

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**ASESORA**

Mg. Blga. Verónica Nelly Canales Guerra

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Gran Arquitecto del Universo, dispensador de todos los dones y gracias, Tú que has prometido que allí donde dos o tres se reúnan en tu nombre, Allí estarás Tú, en medio de ellos y les bendecirás la vida, gracias por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mis padres: Rafael y Lelia, a mi compañera de vida Marilú, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

*Rafael Vladimir*

Agradezco a mi asesora de tesis bióloga Verónica Nelly Canales Guerra por el apoyo y orientación en la realización de este trabajo, a mi compañero de carpeta Rafael Vladimir Cervantes Rojas por permitir realizar esta tesis, a mi querida esposa compañera de la vida Nadia Paola Marroquín Escalante por ser el soporte y fortaleza para ver realizado dicho trabajo.

*Jimmy Carlos*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres y compañera de vida este logro es más suyo que mío, son sin duda mi gran ejemplo a seguir, me han llenado de valores y fuerzas para luchar por todos y cada uno de mis sueños, me han apoyado y creído hasta en mis peores locuras y gracias a eso hoy puedo decir que no solo soy feliz, sino que además soy una persona de bien que tiene bastante claro lo que quiere en su vida. Nunca me cansaré de darles las gracias este y absolutamente todos mis logros, son y serán siempre en su honor.

*Rafael Vladimir*

Este trabajo de investigación está dedicado a Dios y a mis padres: Jesús Efraín Molero Davalos y Elizabeth Cáceres Castellares y en especial a mi adorada esposa Nadia Paola Marroquín Escalante, a mi adorado William, a mi mentor ingeniero Miguel Remigio Mangualu, a mi tío Mike Núñez del Prado.

*Jimmy Carlos*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ASESORA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y Formulación del Problema .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del problema .....	2
1.1.2.1 Problema general.....	2
1.1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Justificación de la Investigación .....	3
1.4 Importancia de la investigación .....	3
1.5 Hipótesis .....	3
1.5.1 Hipótesis general.....	3
1.5.2 Hipótesis específicas .....	3

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación .....	5
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	6
2.1.3 Antecedentes locales.....	7
2.2 Bases Teóricas .....	8
2.2.1 Pasivos ambientales .....	8
2.2.1.1 Tipos de pasivos ambientales.....	9

2.2.1.2	Instituciones encargadas de gestionar los pasivos ambientales mineros....	9
2.2.1.3	Hallazgos sobre la gestión de pasivos ambientales mineros .....	11
2.2.1.4	Responsables de la gestión de pasivos ambientales mineros .....	12
2.2.2	Instituciones a cargo de gestionar los riesgos por pasivos ambientales.....	13
2.2.2.1	Inventario y evaluación de riesgos originados por pasivos ambientales..	13
2.2.2.2	Mecanismos resilientes, adaptativos y preventivos para posibles riesgos.....	15
2.2.2.3	Reaprovechamiento y reutilización de pasivos ambientales mineros.....	16
2.2.3	Minería en la Provincia de Huancayo .....	16
2.2.4	Estándar de Calidad Ambiental para suelo .....	18
2.2.4.1	Contaminación de suelos .....	19
2.2.4.2	Plan de muestreo de suelos .....	22
2.2.4.3	Técnicas de muestreo .....	24
2.2.4.4	Manejo de muestras .....	25
2.2.4.5	Determinación de puntos de muestreo .....	26
2.3	Definición de Términos .....	28
2.4	Modelo Teórico Conceptual.....	30

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

3.1	Método y alcance de la investigación .....	31
3.1.1	Método de investigación .....	31
3.1.1.1	Método general o teórico de la investigación .....	31
3.1.1.2	Método específico de la investigación .....	31
3.1.2	Alcance de la investigación.....	31
3.1.2.1	Tipo de investigación.....	31
3.1.2.2	Nivel de investigación.....	32
3.2	Diseño de investigación .....	32
3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	32
3.3.1	Técnicas de recolección de datos .....	32
3.3.2	Instrumentos de recolección de datos .....	32
3.4	Procedimiento .....	36

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información .....	41
4.2	Comprobación de Hipótesis .....	61
4.3	Discusión de Resultados .....	62

CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXOS .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Instituciones relacionadas con la gestión de los pasivos ambientales mineros.....	10
Tabla 2. Autoridades de vigilancia de la gestión de los pasivos ambientales mineros .....	11
Tabla 3. Profundidad del muestreo dependiendo del uso del suelo .....	24
Tabla 4. Lista de sistemas para la toma de muestras.....	25
Tabla 5. Número mínimo de puntos de muestro para el Muestreo por Identificación.....	26
Tabla 6. Número mínimo de puntos de muestro para el Muestreo de Detalle.....	27
Tabla 7. Rangos de Estimación Probabilística.....	33
Tabla 8. Valoración de consecuencias (entorno humano) .....	33
Tabla 9. Valoración de consecuencias (entorno ecológico o natural).....	34
Tabla 10. Valoración de Consecuencias (entorno socioeconómico) .....	35
Tabla 11. Valoración de los escenarios identificados .....	35
Tabla 12. Vías de acceso.....	36
Tabla 13. Puntos de muestreo de la Parcela I .....	37
Tabla 14. Puntos de muestreo de la Parcela II.....	38
Tabla 15. Puntos de muestreo de la Parcela III.....	39
Tabla 16. Tipo de recipiente y volumen de la muestra .....	40
Tabla 17. Comparación de los resultados con el ECA de suelo.....	43
Tabla 18. Generalidades de la evaluación de riesgos ambientales hecho .....	44
Tabla 19. Estimación de la consecuencia del Pb, Cd, Cr en salud, calidad ambiental y socioeconómico en las tres parcelas estudiadas .....	53
Tabla 20. Nivel de riesgo ambiental .....	61
Tabla 21. Detalle del Tramo N°1 .....	76
Tabla 22. Detalle del tramo N°2 .....	76
Tabla 23. Detalle del tramo N°3 .....	76
Tabla 24. Detalle de la Parcela I.....	77

Tabla 25. Detalle de la Parcela II.....	78
Tabla 26. Detalle de la Parcela III.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas para la gestión de PAMs .....	12
Figura 2. Evaluación cualitativa de riesgo por pasivo ambiental minero: criterios de riesgo..	14
Figura 3. Distribución según tipo de PAMs (15 de octubre de 2018).....	15
Figura 4. Concesiones mineras en la Provincia de Huancayo, 2009 .....	17
Figura 5. Concesiones mineras en la provincia de Huancayo 2016.....	17
Figura 6. Minas abandonadas en Junín .....	18
Figura 7. Causas de la contaminación ambiental del suelo.....	20
Figura 8. Aplicación del ECA.....	21
Figura 9. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.....	22
Figura 10. Estructura del Plan de muestreo .....	23
Figura 11. Parcela I.....	37
Figura 12. Parcela II.....	38
Figura 13. Parcela III .....	39
Figura 14. Mapa de ubicación y localización .....	41
Figura 15. Mapa de zonificación y uso de suelo.....	42
Figura 16. Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I con plomo .....	54
Figura 17. Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela II y III con plomo .....	54
Figura 18. Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I, II y III con cadmio .....	55
Figura 19. Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I, II y III con cromo.....	55
Figura 20. Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I plomo .....	56
Figura 21. Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela II y III plomo.....	56
Figura 22. Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I, II y III cadmio	57
Figura 23. Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I, II y III cromo..	57
Figura 24. Riesgo Ambiental para el escenario Socioeconómico parcela I plomo.....	58
Figura 25. Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela II y III plomo .....	58

Figura 26. Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela I, II y III cadmio ....	59
Figura 27. Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela I, II y III cromo.....	59
Figura 28. Mapa de Riesgo Ambiental de la I parcela con Pb, Cd, Cr, en escenarios de salud, ambiental y socioeconómico.....	60
Figura 29. Mapa de Riesgo Ambiental de la parcela II con metal Pb, Cd y Cr, en escenario de salud, ambiental y socioeconómico .....	60
Figura 30. Mapa de Riesgo Ambiental de la parcela III con metal Pb, Cd y Cr, en escenario de salud, ambiental y socioeconómico .....	61
Figura 31. Perfil de Elevación Tramo N°1 .....	76
Figura 32. Perfil de Elevación Tramo N°2 .....	76
Figura 33. Perfil de Elevación Tramo N°3 .....	76
Figura 34. Parcela I.....	77
Figura 35. Parcela II.....	78
Figura 36. Parcela III .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	71
Anexo 2. Evidencias fotográficas .....	72
Anexo 3. Informe de Laboratorio del análisis de la muestra .....	74
Anexo 4. Pendientes entre tramos.....	76
Anexo 5. Detalles de las parcelas .....	77

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar los riesgos que se han generado por los pasivos ambientales especialmente residuos mineros en la ex planta metalúrgica de Yauris (también conocida como ex planta Mantaro) que se encuentra en el distrito de El Tambo perteneciente a la provincia de Huancayo. La metodología que se utilizó en esta investigación se inicia con la división del área de investigación en tres parcelas, la parcela I se encuentra urbanizada, las parcelas II y III se consideran como suelo agrícola, los instrumentos utilizados para la recolección de datos se utilizaron fichas de observación, basados en la guía de evaluación de riesgos proporcionada por el MINAM, así como la guía de muestreo de suelos. La necesidad de realizar la presente investigación se dio principalmente por el crecimiento urbano exponencial que está ocurriendo en esta parte del distrito y que lamentablemente no está siendo planificado, originando riesgos a la salud y al medio ambiente. Se realizaron salidas de campo para recolectar la información necesaria para diseñar mapas, también se toman muestras de acuerdo a un diseño muestral previamente elaborado en base al ECA de suelo y siguiendo la metodología de la guía para el muestreo de suelos 2014, que posteriormente se envían al laboratorio para la evaluación que permite determinar la situación actual de los pasivos ambientales. Se evidenció la presencia de muchos metales de los cuales solo se realiza la evaluación del riesgo ambiental de tres de ellos Pb, Cd y Cr en las tres parcelas mencionadas, siendo estos valores encontrados muy altos para el caso del Pb superando en más de 70 veces el ECA para suelo agrícola, para el caso del Cd más de 3,5 veces el ECA y para el cromo superando 32 veces el ECA respectivo, dando como resultado que se encuentran en un nivel de riesgo significativo en los tres escenarios de salud, calidad ambiental y socioeconómico.

**Palabras clave:** Diagnóstico, pasivos ambientales, riesgos, evaluación

## ABSTRACT

The present work aims to evaluate the risks that have been generated by environmental liabilities, especially mining waste in the former Yauris metallurgical plant (also known as the former Mantaro plant) located in the El Tambo district of the Huancayo province. The methodology used in this research begins with the division of the research area into three plots, plot I is urbanized, plots II and III are considered as agricultural land, the instruments used for data collection were used cards observation, based on the risk assessment guide provided by MINAM as well as the soil sampling guide. The need to carry out this research was mainly due to the exponential urban growth that is occurring in this part of the district and that unfortunately is not being planned, causing risks to health and the environment. Field trips were carried out to collect the information necessary to design maps, samples are also taken according to a sample design previously prepared based on the soil ECA and following the methodology of the Guide for soil sampling 2014, which are subsequently sent to the laboratory for the evaluation that allows to determine the current situation of the environmental liabilities. The presence of many metals was evidenced, of which only the environmental risk assessment of three of them Pb, Cd and Cr is carried out in the three mentioned plots, these values being found to be very high in the case of Pb exceeding by more than 70 times the ECA for agricultural soil, in the case of Cd more than 3.5 times the ECA and for chromium exceeding 32 times the respective ECA, resulting in a significant risk level in the three health, quality scenarios environmental and socioeconomic.

**Keywords:** Diagnosis, Environmental passives, risks, evaluation

## INTRODUCCIÓN

Es común escuchar que la minería es la actividad principal de Perú y quizá sea lo primero que viene a nuestra mente cuando se habla de una actividad económica importante para el país, esto es considerado así ya que en las regiones donde hay extracciones o concesiones mineras se tiene mayor desarrollo, más trabajo para los pobladores y reciben el canon minero que permite a la región invertir en obras públicas.

Esta actividad empieza a desarrollarse desde hace mucho tiempo atrás, muestra de ello son las piezas de ornamentas y orfebrería que utilizaron las autoridades religiosas y políticas en las distintas culturas preincaicas, y se tiene una gran trayectoria en este rubro (1); en la conformación geológica de los Andes se depositan recursos minerales y a la fecha, un área muy pequeña de los mismos se encuentra explorada (2). Aunque la minería presenta sus propios desafíos como la informalidad, no se descarta la importancia y prevalencia que tiene, y como los ingresos se generan en gran cantidad es uno de los factores por lo que se prioriza sobre otras actividades que requieren gran inversión.

El país sigue siendo hasta la fecha básicamente minero, y pretender un Perú sin minería no es un escenario factible ni lógico (3). Debido a la coyuntura actual provocada por la pandemia y la crisis económica, muchos consideran que el sector minero es el salvavidas idóneo para poder superarla (4) y todo esto se debe a lo anteriormente mencionado: “La gran magnitud de dinero que retribuye esta actividad”. Asimismo, la variedad y calidad de los minerales que se exportan nos permite competir tranquilamente con otros países que también llevan mucho tiempo en este rubro. Otro punto fuerte que tiene esta actividad es la gran cantidad de inversión extranjera que atrae y esto implica una transferencia de conocimientos y tecnologías.

Todas las empresas competitivas a nivel mundial vienen con una experiencia de negocio que beneficia al recurso humano en virtud de que debe ser capacitado para que cumpla sus estándares ambientales y socio-productivos. Ese mismo recurso humano cumple varias funciones, tanto al interior de las organizaciones que los contratan como fuera de ellas, por consiguiente, la transferencia de conocimientos tiene un efecto multiplicador. Cuando un país cuenta con un recurso humano bien capacitado contribuye a la atracción de inversiones en el rubro que más lo caracteriza en el caso peruano, la actividad minera (2). Ahora centrándonos en el recurso humano que requiere esta actividad y la gran cantidad de puestos de trabajo que genera ya sea para mano de obra calificada como no calificada. La industria de la minería formal emplea directamente a 200 000 personas e indirectamente alrededor de un millón de personas, sobre una población de 32 millones (5).

Es importante recalcar que la minería genera contaminación de pasivos persistentes, así como la destrucción y afectación al ambiente.

Estos residuos en definitiva se abandonan representando un peligro para la población y la subsistencia del medioambiente en la zona, debido a sus características los daños que ocasionan se mantienen en el tiempo, y al no realizar su correcta disposición o controles pertinentes solo se llega a agravar la situación.

La identificación temprana de pasivos ambientales, así como el reconocimiento y la evaluación de los riesgos que estos producen, pueden evitar tener una población vulnerable y el deterioro o destrucción definitiva del ecosistema.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1 Planteamiento y Formulación del Problema**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En los últimos años a nivel mundial se ha venido promoviendo el cuidado del medioambiente e incentivando a que las actividades económicas que generan impactos ambientales tomen conciencia y asumir medidas para prevenirlas antes, durante y después de haberse realizado. La extracción de hidrocarburos, minería y las actividades metalúrgicas generan gran cantidad de residuos durante toda su vida útil que luego se convierten en riesgos para la salud y la preservación o recuperación del medioambiente. Al Perú se le considera un país minero y no es de sorprender ya que esta actividad económica representa casi el 50 % de las divisas aportando en gran parte al PBI además de que promueve el desarrollo de la industria metalúrgica tanto así que en el año 2019 se lleva a cabo una alianza entre Polonia y Perú en el Marco del Programa Internacional de Cooperación Urbana (IUC) con el fin de estrechar lazos comerciales y estratégicos para llegar a impulsar el desarrollo en el territorio nacional y apuntando a la región Arequipa como una de las regiones principales de fuentes de metales de toda América Latina (6).

Aunque la actividad minera se le considera como un gran contribuyente para “el crecimiento económico, crear empleo directo e indirecto y generar rentas para la sociedad” (7) también genera una gran cantidad de pasivos ambientales cuando se hace una mala gestión de residuos. La región de Junín tiene un aproximado de 44 minas abandonadas además de contar con plantas metalúrgicas en el mismo estado, lo grave de esto no es solo el abandono puesto que no se estaría cumpliendo con planes de cierre y post cierre, sino que en su mayoría han dejado pasivos ambientales que representan un gran riesgo para la población y medioambiente de la zona, un ejemplo de esto es la ex

planta metalúrgica ubicada en el distrito de El Tambo que tiene problemas de contaminación ocasionado por la mala disposición de los relaves y el abandono de esta ex planta metalúrgica, por ello aún hoy se pueden observar los diferentes impactos que sigue ocasionando así como los riesgos que aún persisten por el desinterés de las autoridades responsables.

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el nivel de riesgo ambientales generado por el pasivo ambiental minero en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo 2021?

#### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cuál será el nivel de riesgo a la salud que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?
- b) ¿Cuál será el nivel de riesgo de la calidad ambiental que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?
- c) ¿Cuál será el nivel de riesgo en el entorno socioeconómico que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el nivel de riesgo ambiental generado por el pasivo ambiental minero en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, 2021.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar el nivel de riesgo a la salud que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.
- b) Determinar el nivel de riesgo de la calidad ambiental que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.
- c) Determinar el nivel de riesgo en el entorno socioeconómico que genera el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021

### **1.3 Justificación de la investigación**

- A. Justificación teórica.** La investigación desarrollada pretende aportar el conocimiento de la aplicación o uso de la metodología desarrollada por el MINAM para el análisis del riesgo ambiental en la región central de Perú.
- B. Justificación práctica.** La investigación desarrollada es el primer paso para resolver el problema de la contaminación ambiental de la zona de estudio, este problema ambiental se debe principalmente a la contaminación con metales pesados que existen en el área como consecuencia de la presencia del pasivo ambiental minero que cubre toda la zona de estudio. Para lograr solucionar el problema de la contaminación ambiental del lugar es necesario determinar en primer lugar el nivel de riesgos ambientales que predominan en el área para posteriormente eliminar, reducir o minimizar los efectos producidos.
- C. Justificación metodológica.** La presente investigación pretende generar la suficiente información sobre el problema del nivel de riesgos ambientales que se generan en el lugar para lograr que la comunidad reflexione y se debata sobre las soluciones que debemos implementar el área para mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar.

### **1.4 Importancia de la investigación**

La zona de estudio (ex planta metalúrgica Yauris) presenta los pasivos ambientales, según el informe de la visita técnica a la ex planta concentradora y a la planta piloto de Yauris 2016, actualmente se observa crecimiento de la población y desarrollo urbanístico, las personas llevan sus vidas con normalidad sin estar del todo conscientes de que cerca de ellos hay pasivos ambientales (mineros y residuos sólidos del ex botadero el Edén) que hasta hoy en día no han sido tratados, monitoreados ni mitigados, si bien se han planteado proyectos para revisar esta situación así como también uno que otro estudio que nos permita conocer las condiciones en las que estaba la zona, se dejó allí, las autoridades no tomaron en cuenta la información generada, y optaron por continuar con sus planes urbanísticos sin considerar la repercusión ambiental y la salud pública.

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

El riesgo ambiental generado por el pasivo ambiental minero ubicado en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo es alto.

#### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- a) Existe un nivel de riesgo alto a la salud generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021

- b) Existe un nivel de riesgo alto a la calidad ambiental generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021
- c) Existe un nivel de riesgo alto en el entorno socioeconómico generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

El trabajo de Bareño (8) está centrado en identificar los riesgos que se generan por pasivos ambientales, considera que esto es muy importante para poder conservar los recursos naturales con miras a un desarrollo sustentable. Para ello se centra en realizar un análisis mediante experiencias y/o avances internacionales sobre este tema, con esto se busca proponer una metodología de evaluación de los riesgos producidos por pasivos ambientales debido a la explotación de carbón ubicado en el departamento de Boyacá que pertenece al municipio de Rondón mediante la aplicación del concepto de política ecológica. Para ello primero se realiza trabajo de campo es decir una visita a la mina de carbón y encuestas a los que se considera como actores principales relacionados con la percepción o manejo de los pasivos ambientales por estar en estado de abandono están generando riesgos y así llegar a un análisis histórico prospectivo y caracterización del territorio.

En el trabajo de Surichahui (9) enfatiza mucho sobre las dos fases que tiene un análisis de riesgos, la primera es cualitativa y la segunda es cuantitativa y que al tener conocimiento de esto, el cómo se realiza un análisis de riesgos y cómo evaluar la situación o resultados que este, nos sirve como una herramienta muy importante a la hora de tomar decisiones. Por ello el objetivo principal de la tesis es el buscar una metodología más adecuada para realizar un análisis y valorización de riesgos que puedan ser aplicados a ejemplos característicos de la industria mineral de Perú y España. Se llegará a introducir a escenarios precisos y los más realistas posibles tomando en cuenta los daños causados a la sociedad y medioambiente que pueden ser observados en la realidad mediante las visitas a campo de las zonas afectadas.

El trabajo perteneciente a Medina (10) es un equivalente a una tesis, en el cual se plantea como objetivo el analizar la legislación ambiental vigente vinculada a los cierres de las actividades mineras y de la prevención de la aparición de pasivos ambientales. Y para lograr eso se realiza una revisión de experiencia de campo con lo establecido sobre los PAM y cierres de actividades mineras, así mismo se plantea realizar una revisión de todos los aspectos generales, requisitos y procedimientos que se establecen en la ley de ese país.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

En la investigación que realiza Cuentas y otros (11) en la Comunidad de Condoraque, se estudia los pasivos ambientales de la mina Palca XI que fue un importante productor de wolframio o tungsteno, estos pasivos representan un riesgo potencial para la comunidad, el medioambiente y las diferentes actividades económicas de la zona. Por ello es que se plantea como objetivo de la investigación el realizar una evaluación simplificada de los riesgos por contaminación utilizando la metodología propuesta por Golder Associates. La investigación establece la existencia de siete pasivos ambientales mineros en la zona; sin embargo, debido a que solo se está realizando un análisis simplificado es que se recomienda que se complemente a este estudio una evaluación de riesgos originados a pasivos ambientales detallado donde se considere también los aspectos estudiados aquí como son las personas, bofedales, la actividad económica de la zona (ganadería), la fauna acuática y terrestre

La investigación de Cervantes y Quito (12) está orientada a la evaluación de riesgos ambientales generados por los pasivos ambientales mineros que afectan la calidad del agua superficial de San Miguel de Viso ubicado en el distrito de San Mateo de Huánchor. Su objetivo es el identificar estos pasivos para ello realiza un diagnóstico de la calidad agua para llegar a estimar el nivel de riesgo que luego se puede utilizar para priorizar a los pasivos que tengan un impacto significativo. Se cuenta con un total de 20 pasivos identificados y que se encuentran dentro del área de estudio, pero solo se toma muestras de aquellos que presentan drenaje, después se procede a realizar un diagnóstico de la calidad del agua, una vez se tiene esta información se construye 14 escenarios para el entorno humano y medioambiente; y 2 para el aspecto socioeconómico.

En la investigación de Canaya (13) llevada a cabo en las Comunidades Nativas de Pucacuro y San Cristóbal que pertenecen a la cuenca del río Corrientes que pasa por el distrito de Trompeteros en la provincia de Loreto en el departamento de Loreto. El objetivo de la investigación es poder llegar a estimar los niveles de riesgo de los pasivos ambientales de la zona que afectan a la salud, medio ambiente y la seguridad de la

población de las comunidades nativas. Los resultados que se tiene es que en toda la zona evaluada está considerada de nivel de riesgo Alto, sobre todo en lo relacionado a salud y calidad del medioambiente.

En el trabajo que pertenece a Roldan & Salinas (14) tiene como objetivo el identificar, evaluar y caracterizar los riesgos ambientales que se generan las diferentes actividades del procesamiento del concentrado de los minerales, y con esto poder proponer las medidas de que estén avocadas a la reducción, mitigación y prevención de los niveles de riesgos ambientales generadas por la empresa minera MINCO. Los resultados del trabajo resaltan que los niveles de riesgo categorizados como significativo se encuentran en la disposición de los relaves generados en la mina y que los que son categorizados como nivel de riesgo medio se encuentra en el proceso de espesamiento de relaves.

La investigación de Trujillo (15) busca realizar una evaluación ambiental de los pasivos ambientales que se encuentran en el sector entre Buenavista y Pacococha, ambas ubicadas en las provincias de Huachocolpa y Castrovirreyna respectivamente, que pertenecen al departamento de Huancavelica, se enfatiza mucho que la detección y las acciones primarias que se puedan tomar ni bien se identifica un pasivo ambiental puede ser determinante para la recuperación pronta del medioambiente. Así mismo permite poder tomar mejores decisiones para manejar los temas polémicos relacionados a los pasivos ambientales que dejan las empresas mineras una vez cesan sus actividades.

El trabajo de Quispe (16) se realiza en la microcuenca Mesa de Planta para poder evaluar los pasivos ambientales que se encuentran ahí con la finalidad de mejorar el sistema de Gestión ambiental de estos así como también llegar a tomar mejores decisiones relacionado con la prevención, control y manejo de los PAMs que se han venido acumulando desde que se descubrió el yacimiento que dio origen a la minería en esta zona. Para ello se requiere utilizar mapas, fichas, información estadística, formatos y se monitorea las aguas de las cuencas en siete puntos estratégicos; llegando a la conclusión de que en las cinco zonas analizadas los niveles de riesgo identificados tienen una repercusión negativa y con un índice de importancia ambiental de categoría de moderado a alto.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

El trabajo de Orellana (17) está enfocado en determinar el nivel de riesgo ambiental provocado por pasivos ambientales de los relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris que está en la ciudad de Huancayo, para ello se realiza un análisis de muestras tomadas al mismo relave, suelo, agua y a familias que viven próximas a la zona y que se encuentran expuestas a los relaves. En los resultados nos indica que el nivel promedio

estimado para el pasivo ambiental es alto aproximadamente de 78 % y que dentro de esto el nivel de riesgo para la salud de aquellas familias cerca de la zona es moderado; asimismo, en caso de la calidad del medioambiente y la seguridad de estas familias está categorizado en un nivel alto.

Como antecedentes locales se considera a los diferentes informes de laboratorio o de trabajo en campo para un determinado curso que fue realizado por estudiantes de la Universidad Nacional del Centro del Perú, puesto que esta universidad cuenta con una planta en la zona, así como también realiza prácticas de sus estudiantes de determinadas facultades por la zona debido a que es dueño o tiene jurisdicción en una parte del terreno que queremos evaluar. Sin embargo, pese a lo antes mencionado es mínima la información concreta de los informes que se comentó anteriormente y en caso de encontrar alguno está sujeto a un pago para su acceso, la universidad tampoco ofrece mucha información sobre esta zona como tampoco se puede encontrar información de las instituciones que permita tener una noción sobre la situación actual o pasada de la zona de interés lo que genera muchas más preguntas que respuesta y da pie a que quede un vacío poco justificado sobre lo referente a esta zona.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Pasivos ambientales**

Se considera un pasivo ambiental a todas las instalaciones, efluentes, restos, depósitos o efluentes originados por las operaciones mineras y todas sus actividades, que se encuentran inactivas o abandonadas. Esto es provocado por desconocimiento, accidente y/o negligencia por un largo tiempo que convierte al pasivo ambiental en una bomba de tiempo poniendo en riesgo al medioambiente y compromete la calidad de vida de todo el ecosistema que le rodea.

Debido a las características físico-químicas que presenta un pasivo ambiental es que es complicado y complejo la recuperación o mitigación de esta; sin embargo, la falta de identificación temprana de estos o en mejor de los casos en tratamiento de este antes de que sea un problema mayor es que se le ha delegado esta responsabilidad junto a la elaboración y actualización de un inventario de los pasivos ambientales al Ministerio de Energía y Minas, así mismo se intenta presionar a que las empresas mineras cumplan con realizar un correcto manejo de sus residuos durante todas sus actividades o al término de estas, además claro está, de proporcionar información y el acceso rápido a esta cada vez que ministerio lo requiera (18).

### **2.2.1.1 Tipos de pasivos ambientales**

En el año 2009 se presentó el Informe con el N° 542-2009-MEM-DGM/DTM por la Dirección Técnica Minera que aborda todo lo relacionado al Sistema de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros. Este informe sale a partir del Proyecto de Reforma de los Recursos Minerales del Perú y que nos da un adelanto de lo que consiste el proyecto PERCAM. En el mismo año después del informe es que sale la Resolución Directoral con el N° 13-2009-MEM-DGM donde se aprueba Fichas de Campo para identificar Pasivos Ambientales Mineros en marco al proyecto PERCAM, y en donde se puede apreciar los tipos de pasivos que ellos consideran, que son los siguientes:

- Según labor minera: bocamina, chimenea, tajo, pique, media barreta, trinchera, tajeo comunicado y rampa.
- Según los residuos mineros que genera: relaves, desmonte, escoria, materiales de desbroce, pilas de lixiviación, suelos orgánicos, residuos de carbón y lodos de neutralización.
- Otro tipo de residuos: construcción, domésticos o industriales.
- Sustancias derramadas o almacenadas de composición química: aceites, combustibles, explosivos, reactivos de laboratorio, cianuro, solventes y reactivos de los procesos.
- Infraestructura y otros: patios de perforaciones de diamantina, plantas de procesamiento, generadores, líneas eléctricas y férreas, talleres, campamentos, oficinas, pistas de aterrizaje, caminos, chancadoras, helipuertos y transformadores

### **2.2.1.2 Instituciones encargadas de gestionar los pasivos ambientales mineros**

El responsable de gestionar un pasivo ambiental es el mismo que lo generó, en este caso sería la empresa minera que provocó por negligencia, descuido o accidente el pasivo ambiental. Es importante que se realice constantemente estudios para prevenir la aparición temprana de un pasivo ambiental, esto no solo debe hacerse cuando se terminó con una actividad, sino que es necesario cuando se presentan los instrumentos de gestión ambiental ya que al hacer esto la empresa indica la existencia de un pasivo ambiental o la ausencia de estos en la zona donde se empezará las actividades de la empresa, de no ser así este tendría que asumir la responsabilidad del pasivo ambiental al no poder demostrar fácilmente que este fue generado mucho antes de que se iniciara las labores de la empresa. Cuando no sucede lo antes mencionado y se encuentra un pasivo ambiental en una zona donde no se pueda identificar al responsable, de ser así es entonces el

gobierno quien asume la responsabilidad y la tarea de remediar aquel pasivo ambiental minero sobre todo si se determina que este representa un nivel alto de riesgo. El Estado deberá encargar a una empresa especializada la ejecución de acciones de remediación y mitigación del pasivo ambiental (19).

Cabe resaltar, para que el gobierno tome responsabilidad por un pasivo ambiental primero es el Ministerio de Energía y Minas quien asume la responsabilidad de realizar la investigación del origen de este, así como realizar la evaluación correspondiente para determinar el nivel de riesgo que representa, y es mediante su Dirección General de Minería (DGM) que lo realiza. Otra responsable es la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, encargado de revisar y aprobar los Planes de Cierre de los Pasivos Ambientales Mineros (PCPAM) que son presentados. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es el encargado de fiscalizar que se cumpla todas las obligaciones comprometidas en el PCPAM. A continuación, en la *Tabla 1* se detallará las instituciones encargadas de gestionar los pasivos ambientales.

**Tabla 1**

Instituciones relacionadas con la gestión de los pasivos ambientales mineros

<b>Gestión y remediación de Pasivos Ambientales Mineros</b>	
<b>Institución</b>	<b>Principales funciones</b>
Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM)	Evalúa y aprueba los instrumentos de remediación y posteriores modificaciones presentadas por los generadores y remediadores voluntarios. Aprueba las guías técnicas que resulten necesarias.
Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección general de Minería (DGM)	Elabora y actualiza el inventario de pasivos ambientales mineros. Identifica a los responsables de pasivos ambientales mineros abandonados inactivos. Aplica las sanciones de los numerales 52,1; 52,2; 52,7. Y 52,8 DEL Artículo N° 52 del reglamento.
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)	Fiscaliza el cumplimiento de las obligaciones que se originan en los instrumentos de gestión ambiental con respecto a la seguridad de instalaciones e infraestructura.
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	Fiscaliza y controla el cumplimiento de las obligaciones ambientales asumidas por los generadores y remediadores voluntarios, según su competencia.
Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMET)	Recibe las solicitudes y otorga las concesiones mineras. Brinda opinión previa en áreas de no admisión de denuncios en los casos de remediación voluntaria.
Ministerio del Ambiente	Establece los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental que debe de ser

Ministerio de Agricultura	cumplidos en los Planes de Cierre de Pasivos Ambientales. Brinda opinión técnica de los Planes de Cierre de pasivos Ambientales
Ministerio de Salud.	Brinda opinión técnica de los Planes de Cierre de pasivos Ambientales
Gobiernos Regionales y Locales	Fiscaliza e impone sanciones. Otras según su competencia delegadas en el marco de la descentralización.
Agencia de Promoción a la Inversión Privada (PROINVERSIÓN)	Proceso de promoción de la inversión privada bajo las modalidades del Decreto Legislativo N°. 674, sus modificatorias y ampliatorias.
Fondo Nacional del Ambiente	Capta recursos provenientes de la cooperación financiera internacional, donaciones, canje de deuda y otros, a fin de solventar la remediación de pasivos ambientales asumidos por el estado.

Fuente: M. Chappuis, 2019.

En la siguiente *Tabla 2* se presenta las instituciones que se encargan de emitir sanciones y autorizaciones para la gestión de los pasivos ambientales mineros y todo esto de acuerdo al reglamento que estipula la Ley de N° 28271.

**Tabla 2**

Autoridades de vigilancia de la gestión de los pasivos ambientales mineros

Nivel administrativo	Institución	Tipo de gestión
<b>Gobierno Central</b>	MINEM – DGM	Elabora el inventario de PAMs, identifica y sanciona a los responsables
	MINEM – DGAAM	Evalúa los instrumentos de remediación (PCPAM) presentados por los generadores y remediadores voluntarios
<b>Gobierno Regional</b>	DREM	Evalúa los instrumentos de remediación (PCPAM) presentados por los generadores y remediadores voluntarios PPM y PMA
<b>Organismos Reguladores</b>	OEFA	Fiscaliza los PCPAM de los generadores y remediadores voluntarios de la gran y mediana minería

Fuente: M. Chappuis, 2019.

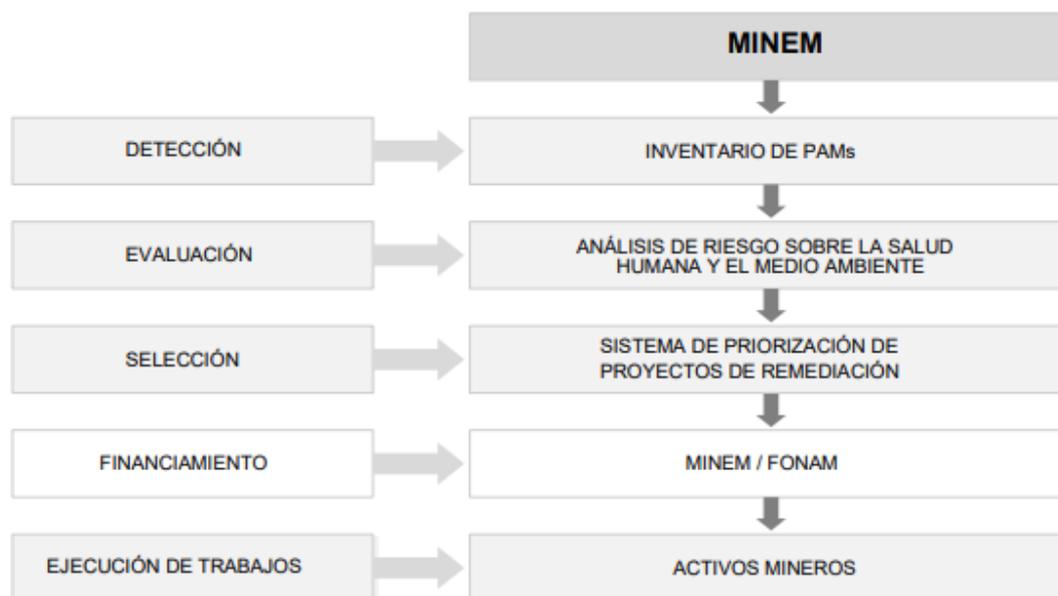
### 2.2.1.3 Hallazgos sobre la gestión de pasivos ambientales mineros

El Ministerio de Energía y Minas está a cargo de gestionar a los pasivos ambientales que dejaron las actividades productivas o industriales relacionadas con este sector. Este ministerio después de la experiencia de varios casos que estuvieron bajo su jurisdicción estableció etapas para la gestión correcta de los PAMs que son los siguientes (*Ver Figura 1*):

- Ubicación y/o detección
- Caracterización
- Selección, jerarquización y priorización
- Estudios de ingeniería
- Ejecución de las obras y su posterior monitoreo.

**Figura 1**

Etapas para la gestión de PAMs



Fuente: M. Chappuis, 2019.

Además de este ministerio como podemos apreciar en la *Tabla 1*, existen otras instituciones que son responsables de la gestión y regulación de los PAMs. Sin embargo, aunque cada una de ellas tenga un rol determinado y específico se ha llegado a presentar situaciones de conflicto, en donde no siempre se evidencia un trabajo en conjunto, sino que todo lo contrario un mal trabajo en equipo, una falta clara de administración compartida de la información generada por cada institución lo que a final de cuentas solo genera en algunos casos una respuesta deficiente por parte del Estado. Para lo cual se requiere establecer y reforzar la normativa legal que solucione este tipo de situaciones (19).

#### **2.2.1.4 Responsables de la gestión de pasivos ambientales mineros**

Según la norma nacional, la Dirección General Minero tiene la responsabilidad de realizar la búsqueda de los responsables de la generación de un pasivo ambiental minero y determinar la cuota que se debe aportar a la contaminación por parte de todos los titulares que tuvieron o realizaron actividades en la zona donde se halló al pasivo

ambiental, esta responsabilidad fue delegada por el Consejo de Minería, sin embargo, este no es un trabajo técnicamente sencillo. Al no existir registros antiguos, las operaciones informales o la falta de instrumentos de gestión ambiental debido a las características es lo que lleva a aumentar el grado de complejidad de la investigación realizada por este ente, asimismo, muchos de los que generaron un pasivo ambiental que pudieron ser identificados ya no existen más como personas jurídicas o en caso de haber sido persona natural ya han fallecido (19).

### **2.2.2 Instituciones a cargo de gestionar los riesgos por pasivos ambientales**

El encargado de gestionar los riesgos que surgen debido a los pasivos ambientales es el Sistema Nacional de Gestión de Desastres (SINAGERD) que se encuentra presidido por el Presidente de la República y órgano rector de la presidencia del Consejo de Ministros. Esta institución es integrada por diferentes instituciones también como son (19):

- Consejo Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres (CENEPRED)
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

En el año 2004 el MINEM elaboró un Plan Sectorial de Prevención y Atención de los Desastres, este plan comprende el análisis de alternativas para llegar a obtener una estabilidad química y física, considerando presupuesto, fuentes de financiamiento y el establecer programas de monitoreo ambiental (19).

#### **2.2.2.1 Inventario y evaluación de riesgos originados por pasivos ambientales**

Para cumplir con las tres primeras etapas planteadas por el MINEM es que la DGM evalúa la información que recolecta en las salidas al campo y utiliza seis diferentes fichas que contienen los siguientes datos:

- 1) Información general de la exunidad minera
- 2) Labores mineras
- 3) Residuos mineros
- 4) Otro tipo de residuos
- 5) Edificaciones, infraestructura y otros
- 6) sustancias químicas (almacenadas o derrames).

Al mismo tiempo estas fichas consideran también los siguientes criterios (19):

- I. Seguridad humana
- II. Salud humana y ambiente físico
- III. Fauna silvestre y conservación.

En la *Figura 2* se puede ver los diferentes aspectos que se consideran en los criterios, así como permiten determinar riesgos de un PAM (19).

**Figura 2**

Evaluación cualitativa de riesgo por pasivo ambiental minero: criterios de riesgo

Seguridad humana	Salud humana y ambiente físico	Fauna silvestre y conservación
Accesibilidad	Drenaje en aberturas	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre
Potencial de colapso	Evidencia de eventos previos de inundación, drenajes o derrames	Atracción de fauna silvestre
Condición de cierre	Potencial de generación de drenaje ácido	Signos de vida silvestre
Potencial de caída de personas en la abertura y daño	Potencial de acceso de personas a espacios confinados mal ventilados	Vegetación en el sitio y alrededores
Presencia de señales y cercos para limitar el acceso	Otro peligro a la salud	Proximidad a áreas protegidas
Presencia de escombros, vegetación, rocas, residuos, etc. en el interior		Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)
Otro peligro		Acumulación de aguas contaminadas (relacionada a la actividad minera)
		Otra preocupación ambiental

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2018.

Los riesgos de un pasivo ambiental, por ejemplo para la salud de la población y del ecosistema del entorno, se clasifica por niveles: (1) muy alta, 2) alta, 3) media, 4) baja, 5) insignificante, o 6) no definida, que se le puede dar dependiendo al tipo de pasivo ambiental y las circunstancias que lo rodea. Se recomienda que al momento de evaluar un riesgo se debe considerar y conocer los contaminantes, de qué tipo son, en qué cantidades se encuentran, las características físico-químicas, biológicas y hasta toxicológicas, para lo cual es recomendable realizar un muestro sistemático (19).

Es importante mencionar que los inventarios de pasivos ambientales mineros que se tienen incluyen a los componentes inactivos o abandonados que se ubican en antiguas operaciones mineras y que algunos de estos no suponen un riesgo de seguridad o ambiental significativo como son las carreteras, campamentos y canales; por lo que, el llegar a sobredimensionar el número de pasivos ambientales es un riesgo latente que presenta este inventario. En la *Figura 3* se puede ver el número según el tipo de pasivo ambiental según el inventario presentado en octubre del 2018.

**Figura 3**  
Distribución según tipo de PAMs (15 de octubre de 2018)

Componente	PAMs (total)	Porcentaje
Labor Minera	5 133	58,37
Residuo Minero	2 779	31,59
Infraestructura	861	9,79
Otro Residuo	17	0,20
Productos Químicos	4	0,05
<b>Total</b>	<b>8 794</b>	<b>100</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2018.

El sistema propuesto para la clasificación de los pasivos ambientales mineros dificulta el correcto análisis y determinación de la fuente de contaminación, sus interrelaciones hidrológicas y la escala de la contaminación en general ya que su clasificación según su tipo de componente no es idónea, esto mismo se puede ver cuando se intenta evaluar la contaminación de los suelos (19).

#### **2.2.2.2 Mecanismos resilientes, adaptativos y preventivos para posibles riesgos**

Un punto importante y crítico para la toma de decisiones para determinar el futuro de un pasivo ambiental minero está centrado muchas veces en la participación de la comunidad, que si es manejado correctamente brinda la oportunidad de reducir estos conflictos que pueden causar retrasos innecesarios además generar oportunidades a que las autoridades se involucren en el mantenimiento y seguimiento de labores de post cierre. Mediante convenios establecidos en el artículo 13 del Decreto Supremo N° 059-2005-EM que se evoca por completo a los Pasivos Ambientales generados por las Actividades Mineras se incentiva a la participación activa de las comunidades que se encuentran en las áreas de influencia directa e indirecta a que formen parte de los labores de remediación, seguimiento y control de estos; además, de establecer los lineamientos necesarios para la elaboración de proyectos de inversión pública para la remediación de PAMs, a través de estos convenios se buscar dar un rol más destacado a las comunidades en la toma de decisiones para todo lo concernido a las labores antes mencionadas en el largo plazo así como también tratar de establecer una comunicación transparente y efectiva (19).

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el poder remediar un PAM es el lograr obtener el consentimiento de todas las comunidades afectadas bajo un mismo consenso ya que muchas veces algunas comunidades o localidades rechazan el inicio de actividades

mineras debido a los impactos ambientales que provocan, además que, dentro de estas existen también grupos con diferentes intereses; por lo que, cuando se llega a la etapa final o se encuentre un pasivo ambiental la postura que muchas veces muestran estas es de conflicto por sus disconformidades surgida desde el inicio (19).

### **2.2.2.3 Reaprovechamiento y reutilización de pasivos ambientales mineros**

Cuando hablamos de reutilización podemos entender que nos referimos al nuevo uso que le puede dar el titular a una concesión minera que tenga pasivos ambientales que se encuentran dentro de esta, por ejemplo: Si hay plataformas de exploración, desmonteras, relaves, labores subterráneas, entre otros; los cuales podrían ser incorporados en las nuevas actividades mineras, pero asumiendo las obligaciones respectivas de la remediación de estas. Reaprovechar consiste en el reprocesamiento para extraer elementos valiosos de residuos de actividades pasadas, donde también se debe asumir las obligaciones de remediación (19).

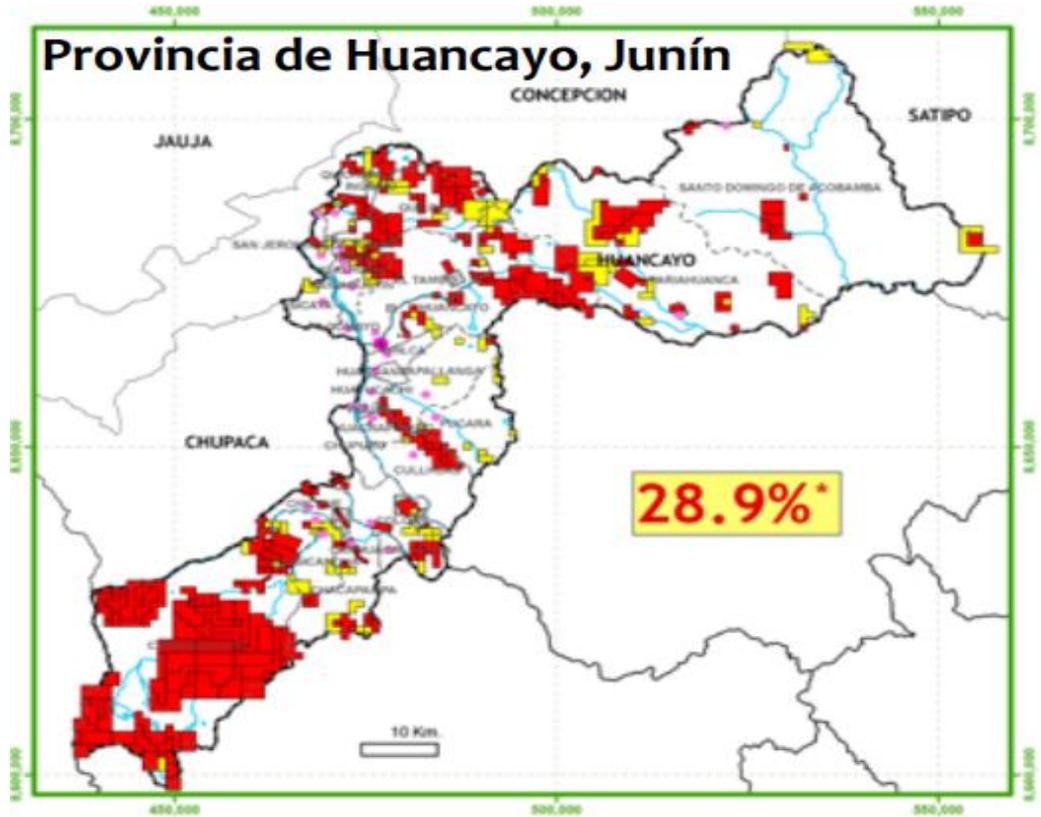
### **2.2.3 Minería en la provincia de Huancayo**

A la zona centro del Perú se le considera como zona minera y es ahí donde está la región Junín que cuenta principalmente con una larga historia de actividad minera es su localidad debido a las concesiones que se ubican en La Oroya y Morococha. Al pasar los años se ha ido incrementando esta actividad económica en esta región teniendo 9.2 % de ocupación de esta actividad en el año 2002 a llegar a tener 22.8 % para el año 2009, tomando en cuenta que para aquel entonces existían pocas concesiones en los distritos de Chanchamayo y Satipo (20).

En la provincia de Huancayo para el año 2009 se determinó que un 28.9 % de su suelo estaba ocupado por empresas mineras (*Ver Figura 6*), que se encontraban principalmente en el margen izquierdo del río Mantaro, distrito de Chongos, por esos años la población especialmente de este distrito y los aledaños expresaron mucho su disconformidad por la empresa Minera IRL por las primeras evidencias de contaminación y alteración de las aguas de los ríos Canipaco afectando así a la producción agrícola y ganadera de la zona. Sin embargo, no fue un motivo para que se reduzca el aumento de las concesiones mineras, sucedió todo lo contrario para el año 2016 se tenía hasta un 35.7 % de los suelos de la localidad ocupados por concesiones mineras (*Ver Figura 7*), si bien como se mencionó antes el incremento continuo, pero es de una forma lenta ya que del año 2009 al 2016 solo hubo un incremento de 6.8 % es decir estamos hablando de un incremento anual aproximado de 1.13 %. También existe un registro del año 2000 donde indica que

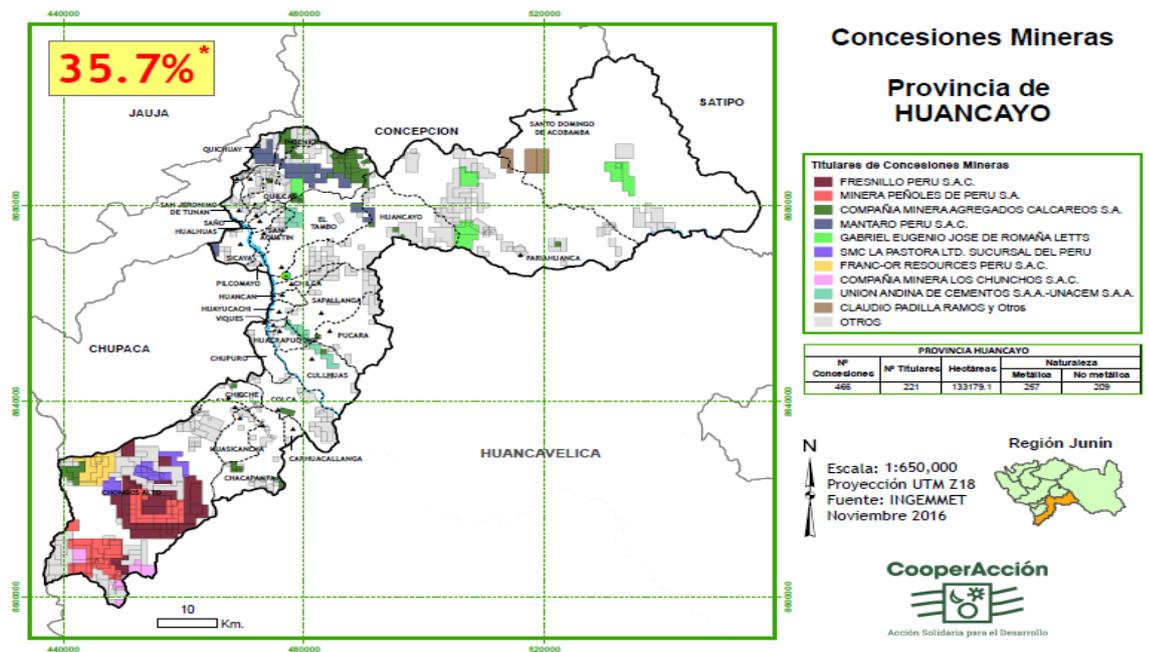
hasta ese año se tenía 10 minas abandonadas en la provincia de Huancayo como se puede ver en la *Figura 8*. (20).

**Figura 4**  
Concesiones mineras en la Provincia de Huancayo, 2009



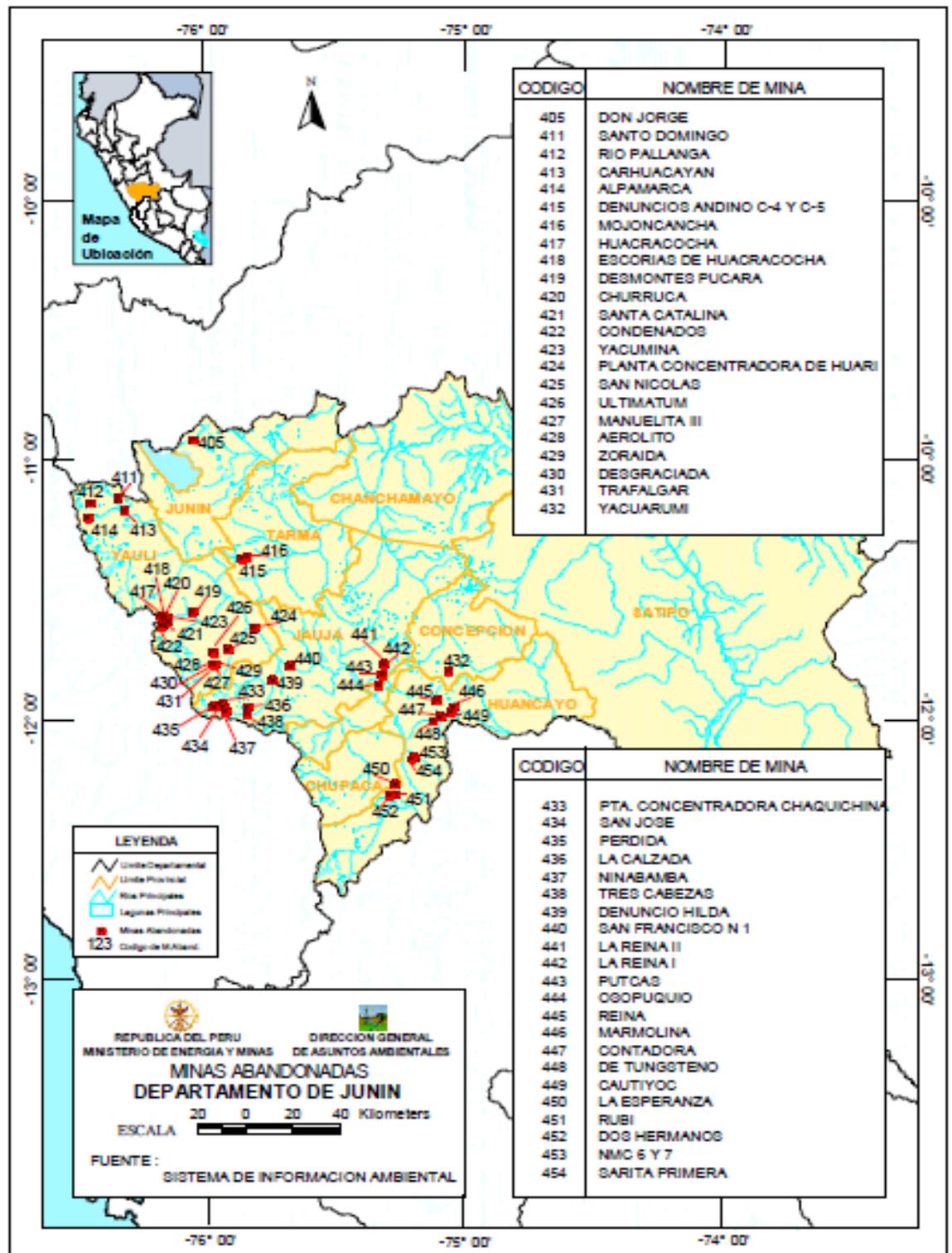
Fuente: CONACAMI PERU, 2009.

**Figura 5**  
Concesiones mineras en la provincia de Huancayo 2016



Fuente: CONACAMI PERU, 2016.

**Figura 6**  
Minas abandonadas en Junín



Fuente: MINEM, 2009.

### 2.2.4 Estándar de Calidad Ambiental para suelo

De acuerdo con la Ley N°28611 Ley General del Ambiente, el estado es el responsable de regular y promover el uso de forma sostenible de los recursos, en este caso el suelo,

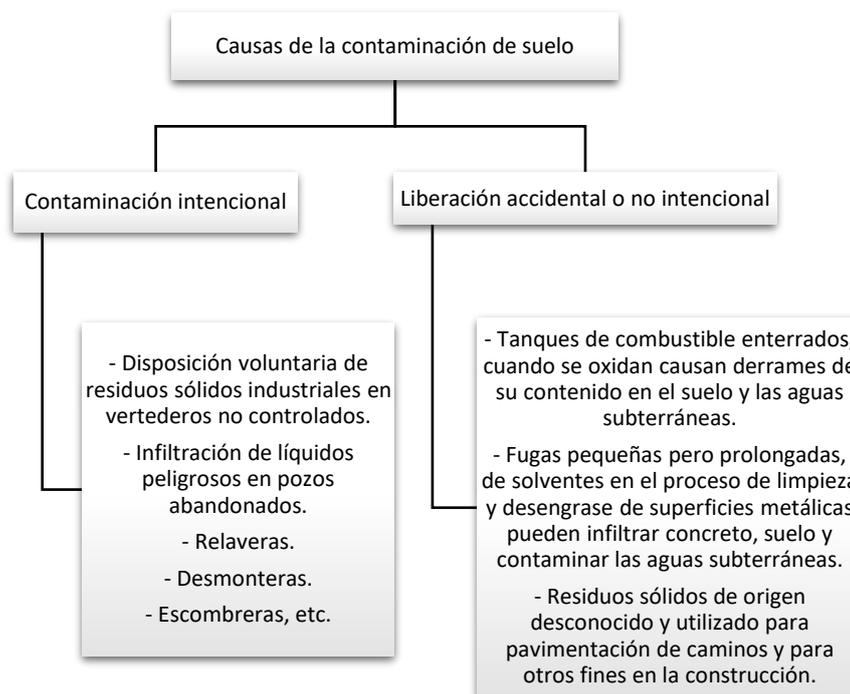
de buscar llegar a reducir o prevenir la pérdida de este y su deterioro que puede ser provocado por erosión o contaminación. Por ello se estableció estándares de calidad ambiental para suelo que llegan a ser los indicadores que miden el nivel de concentración de los parámetros químicos que se encuentran presentes en el suelo como condición de cuerpo receptor (21). Cabe resaltar que el ámbito de Aplicación de esto es toda actividad o proyecto que llegue o pueda generar riesgos de contaminación del suelo durante la ejecución y áreas de influencia. Se promulgo estos estándares junto con otras disposiciones complementarias que son las siguientes (21):

- D.S. N° 002-2013- MINAM
- D.S. N° 002-2014-MINAM
- R.M. N° 085-2014-MINAM
- R.M. N° 125-2014-MINAM

#### **2.2.4.1 Contaminación de suelos**

Cuando hablamos del término “contaminación del suelo” nos referimos a la presencia de un químico o una sustancia en el suelo que no sea de este de forma natural y/o se encuentre presente con concentraciones más alta de lo normal provocando efectos adversos y que afecte también a cualquier organismo al que no está destinado (22). Si bien la mayoría de los contaminantes tienen su origen antropogénico, la mayoría de ellos pueden llegar a producirse de forma natural como en caso de los minerales que llegan a ser tóxicos en concentraciones altas. Generalmente la contaminación del suelo no se puede evaluar de forma directa o puede ser percibida visualmente, lo que la convierte en un peligro oculto y latente (23). (*Figura 9*)

**Figura 7**  
Causas de la contaminación ambiental del suelo



Fuente: Morales, 2015.

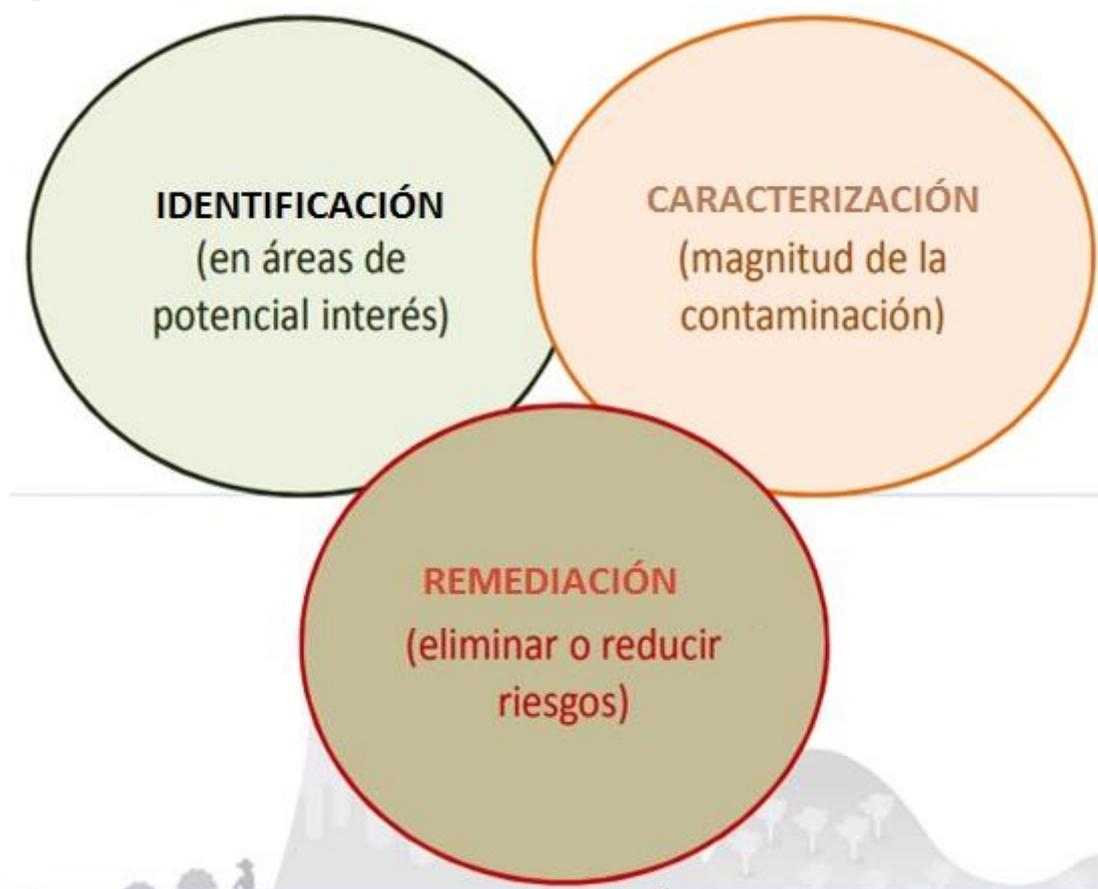
#### 2.2.4.1.1 Áreas de importancia de evaluación

Las áreas de influencia o áreas de emplazamiento en donde existen alguna evidencia de un posible potencial de contaminación del suelo, es decir aquellas extensiones de terreno en donde se requiere realizar efectivamente las labores de muestreo por presentar contaminación o por que se requiere hacer un análisis de este para determinar su condición (21).

#### 2.2.4.1.2 ECA del suelo

En la Constitución Política del Perú se establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; asimismo se establece en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, que el Estado mediante sus entidades y órganos correspondientes, diseñara y aplicará, entre otras cosas, normas que garanticen el efectivo ejercicio de los derechos, así como el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en esta Ley. Por lo tanto la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que llega a establecer el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (24). (Ver Figura 8)

**Figura 8**  
Aplicación del ECA



Fuente: Morales, 2015.

En el Decreto Supremo que aprueba el ECA se nos muestra una tabla que contienen los componentes que contaminan el suelo con sus respectivos valores mínimos aceptados por el estado peruano para que estos se encuentren de forma libre en el suelo (24). (Ver *Figura 9*).

**Figura 9**

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo

Parámetros en mg/kg PS <sup>(1)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(1) y (2)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(8)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(9)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(10)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(10)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(10)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(11)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(12)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(13)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: Decreto Supremo N°011-2017-MINAM, 2017.

#### 2.2.4.2 Plan de muestreo de suelos

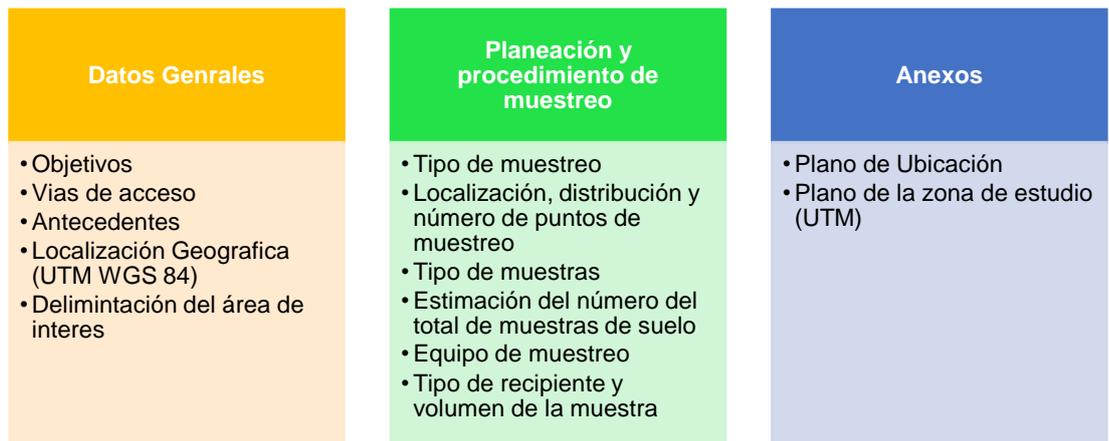
Para poder realizar cualquier tipo de muestreo primero se debe elaborar un plan de muestreo, el cual debe contener información necesaria y relevante es decir una estructura

definida (*Ver Figura 12*), así como una programación que cumpla con los objetivos planteados para el muestreo (25). Se debe realizar un óptimo proceso de levantamiento de la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos y para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El área de influencia, es decir donde se focalizará los esfuerzos de muestreo
- Objetivos del plan de muestro
- El tipo de muestreo correspondiente según los objetivos planteados
- La determinación de la densidad y los puntos de muestreo
- Los procedimientos de campo
- Los métodos de conservación de muestras
- Las necesidades analíticas a desarrollarse.

**Figura 10**

Estructura del Plan de muestreo



Fuente: Elaboración propia.

#### 2.2.4.2.1 Tipos de muestreo

- Muestreo de Identificación (MI): Su objetivo es investigar la existencia de contaminación del suelo mediante la obtención de muestras representativas para poder establecer si el suelo analizado llega a superar o no el ECA (25).
- Muestreo de Detalle (MD): Su objetivo es poder obtener muestras que sean representativas del suelo que está siendo analizado, con ello se busca poder determinar el área y volumen de suelo contaminado. Este tipo de muestreo cuantifica y delimita las zonas afectadas tanto en espacio y tiempo. El MD se enfoca también en determinar de las probables vías y rutas de exposición en caso se quiera realizar o llevar a cabo una evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) (25).

- Muestreo de Nivel de Fondo (MF): El objetivo de este tipo de muestreo es determinar la concentración de los químicos regulados por el ECA de los suelos ubicados en zonas contiguas a las áreas contaminadas. Si se trata de sitios con antecedentes que describan la presencia de sustancias que se consideran potencialmente tóxicas de forma natural se debe tomar las muestras fuera del área de influencia directa de contaminante, sin embargo, debe tener estas zonas características geográficas similares, que sirvan para establecer los niveles de fondo de dichos contaminantes (25).
- Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC): El objetivo es demostrar que las acciones de remediación que se implementó en un suelo contaminado fueron efectivas y que los contaminantes se encuentran ahora con valores menores a los establecidos por el ECA suelo o el ERSA. Se recomienda tener en cuenta y realizar un muestreo preliminar para así poder tener un mejor margen de confiabilidad de los resultados obtenidos con el MC (25).

### 2.2.4.3 Técnicas de muestreo

Se considera muestreo a la actividad en donde se recolecta una cantidad de muestras que sean representativas y que permitan caracterizar correctamente un suelo que está siendo estudiado; por lo que, la muestra llegaría a ser una parte fundamental que presenta características propiedades similares del material original. Las técnicas de muestreo se aplican de acuerdo a los objetivos planteados, teniendo en cuenta las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad de la contaminación en estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras (25). (Ver Tabla 3 y 4).

**Tabla 3**  
Profundidad del muestreo dependiendo del uso del suelo

Uso del Suelo	Profundidad del Muestreo (Capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm
	30 – 60 cm
Suelo Residencial/ Parques	0 – 10 cm
	10 – 30 cm
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm

Fuente: MINAM, 2014.

**Tabla 4**

Lista de sistemas para la toma de muestras

<b>SISTEMA</b>	<b>APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO</b>	<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>
<b>CALICATAS</b>	Suelo de superficie suave, con profundidad de 0-100 cm	Barato, fácil para usar, capacidad de profundidad limitada.
<b>SONDEOS MANUALES</b>	Suelo duro, con profundidad de 0-100 cm	Relativamente fácil de usar; capacidad de profundidad limitada; costos bajos.
<b>ZANJAS</b>	Todo tipo de suelo, hasta 4 m	Fácil de usar, capacidad de profundidad limitada. Requiere del uso de retroexcavadora.
<b>SONDEOS LINER</b>	Suelo arenoso, hasta 20 m	Buen rango de profundidad, calificado para el muestreo de suelos con contaminantes volátiles; costos más elevados.
<b>SONDEOS SEMIMECÁNICOS</b>	Suelo rocoso o arenoso, hasta 10 m	Buen rango de profundidad; puede requerir de dos a más operadores; costos medios.
<b>ONDEOS MECÁNICOS</b>	Todo tipo de suelo, grandes profundidades	Buen rango de profundidad, generalmente empleado para ganar acceso a horizontes de suelo más profundos; requiere de mano de obra experimentada, costo más elevado.

Fuente: MINAM, 2014.

**2.2.4.4 Manejo de muestras**

El manejo de muestras es muy importante; por ello, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones y cumplir con los protocolos establecidos para la recolección y conservación de las muestras para su posterior análisis (25).

A continuación, algunos de estos criterios:

- Materiales para guardar y transportar muestras
- Etiquetado
- Ficha de muestreo
- Cadena de custodia

- Condiciones de seguridad de las muestras

### 2.2.4.5 Determinación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo deben ser correctamente distribuidos y seleccionados ya que de eso depende la toma correcta de muestras, para ello se debe dividir la zona de estudio en áreas que tengan un gran potencial y probabilidad de encontrarse en estos contaminantes.

Estas áreas deben de tener una distribución lo más similar de contaminantes, de esta forma el esfuerzo se concentrará en las áreas donde la incertidumbre de contaminantes se mayor, así como la variabilidad de la distribución de estas (25).

#### 2.2.4.5.1 Número mínimo de puntos de muestreo

Se considera un punto de muestreo a la ubicación espacial georreferenciada del lugar donde se va a coleccionar las muestras sean éstas superficiales o en profundidad (25).

Se tiene diferentes cálculos para determinar estos puntos de muestro según el tipo de muestreo.

- Muestreo de Identificación: Los puntos de muestreo mínimos son determinados en función a cada área de interés como se puede ver en la *Tabla 5*, esto abarca la superficie como la profundidad (25).

**Tabla 5**

Número mínimo de puntos de muestro para el Muestreo por Identificación

Área de potencial interés (Ha)	Puntos de Muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente: MINAM, 2014.

En caso se quiera analizar un área mayor a las 100 hectáreas, se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$N = 0.1X + 40$$

Donde: N= Número mínimo de puntos de muestreo y X = Superficie en hectáreas.

Asimismo, los puntos de muestreo deberán estar distribuidos por muestreos superficiales y de profundidad, esta distribución debe considerar las características del lugar, el supuesto de distribución de contaminantes y las rutas de exposición planteadas en el estudio (25).

- Muestreo de Detalle

La representatividad del muestreo se debe justificar técnicamente, considerando las características propias de lugar, y para ello, se debe cumplir con un mínimo de puntos de muestreo obtenidos en la muestra de identificación más los puntos adicionales en torno a los puntos provenientes del MI que hayan superado el ECA para suelos o los Niveles de Fondo (Ver Tabla 6) (25).

**Tabla 6**

Número mínimo de puntos de muestro para el Muestreo de Detalle

<b>Puntos del MI &gt; ECA O NIVEL DE FONDO</b>	<b>Puntos de Muestreo en el Muestreo de Detalle</b>
<b>1</b>	4
<b>2</b>	6
<b>3</b>	7
<b>4</b>	9
<b>5</b>	11
<b>6</b>	13
<b>7</b>	14
<b>8</b>	16
<b>9</b>	18
<b>10</b>	20
<b>15</b>	28
<b>20</b>	37
<b>25</b>	46
<b>50</b>	90

Fuente: MINAM, 2014.

- Muestreo de Nivel de Fondo: Para el muestreo de fondo en caso de ser áreas de interés homogéneas donde se tenga características geológicas, climáticas, de vegetación y orográficas similares se debe tomar como mínimo tres puntos de muestreo, para las áreas de interés heterogéneas que tengan las características antes mencionadas se duplica el número de puntos es decir se debe tomar 6 puntos de muestreo (25).

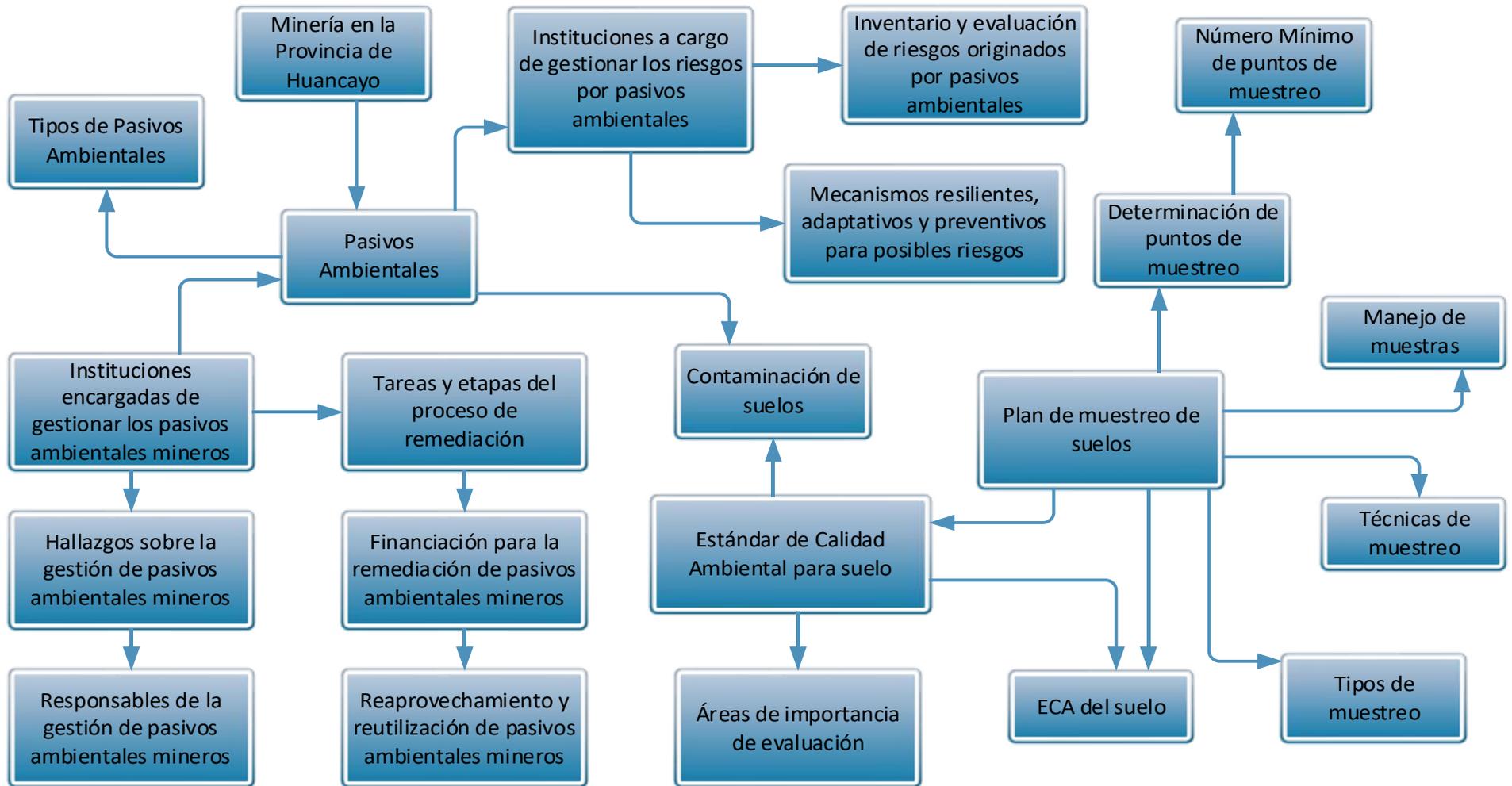
- Muestreo de Comprobación: Se debe considerar el muestreo previo a las acciones de remediación ejecutadas en la zona, considerar los protocolos y criterios usadas para abordar la variedad de estas acciones ejecutadas en la zona. Los puntos de muestro se tomarán de la misma forma que se tomó en el muestreo anterior ya que solo se buscar comprobar la eficacia de la remediación hecha en el área y las consideraciones tomadas por esta (25).

### **2.3 Definición de términos**

- Áreas de influencia: “es aquel perímetro de emplazamiento donde hay indicio o evidencia de potencial contaminación” (21).
- Bofedal: “es un tipo de humedal alto andino que tiene vegetación hidromórfica y generalmente acumula turba que está saturado de agua estacional o permanentemente” (26).
- Caracterización: “acción y efector de caracterizar o caracterizarse” (27).
- Contaminante: “un constituyente de un material o residuo que se sabe o sospecha que es agente de riesgo” (28).
- Desbroce: “acción de desbrozar” (27).
- Drenaje: “acción o efecto de drenar” (27).
- Efluente: “producto de desecho de un proceso gaseoso, líquido o sólido que es descargado al ambiente. “Estos desechos pueden haber sido tratados o no. Cualquier sólido, líquido, gas o semisólido que entra en el ambiente como un subproducto de actividades humanas” (28).
- Emplazamiento: “son áreas donde están instaladas las facilidades para desarrollo de actividades” (21).
- Fiscalización: “proviene del verbo fiscalizar. Fiscalizar: Criticar o traer a juicio el accionar de alguien o algo” (27).
- Jerarquización: “proviene del verbo jerarquizar. Jerarquizar: Organizar de formar jerárquica o en orden de importancia las cosas o personas” (28).
- Jurisdicción: “poder o autoridad que tiene alguien para gobernar sobre una determinada área o zona” (28).
- Mitigar: “moderar, aplacar, disminuir o suavizar alguna acción o situación” (28).
- Pilas de Lixiviación: “son las acumulaciones de material mineralizado que se realiza en forma mecanizada, formando una especie de torta o terraplén” (27).

- Relave: “partículas de mineral que el agua del lave arrastra y mezcla con el barro estéril, y que para ser aprovechadas necesitan un nuevo lave” (27).
- Remediación: “proviene del verbo remediar. Remediar: Corregir, enmendar o dar cura de algún daño hecho” (28).
- Riesgo: “contingencia o proximidad de un daño” (27).
- Solvente: “dicho de una sustancia que puede disolver y llegar a producir con otra una mezcla homogénea” (27).
- Valorización: “acción o efecto de dar valor a algo” (27).

## 2.4 Modelo teórico conceptual



Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método de investigación**

###### **3.1.1.1 Método general o teórico de la investigación**

El método de investigación utilizado en el aplicado que nos permite descubrir estrategias para alcanzar un objetivo en específico, siendo este la de analizar el riesgo ambiental en el área de investigación lo que permitirá lograr actualizar la información de los pasivos ambientales y sus respectivos riesgos que aún persisten en la actualidad y a los cuales se ven expuestos los pobladores del distrito de El Tambo, para que con ello poder hacer, actuar, construir o modificar instrumentos, tecnología o estrategias que sean de aplicación inmediata y de esta manera llegar al desarrollo de un conocimiento de valor universal que permita evitar desastres futuros.

###### **3.1.1.2 Método específico de la investigación**

El método específico del trabajo es cuantitativo ya que se busca obtener datos numéricos de los pasivos mineros y es descriptivo porque permiten generar información verídica y actualizada de la zona (30).

##### **3.1.2 Alcance de la investigación**

###### **3.1.2.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo del tipo no experimental puesto que se realizan estudios en los que no se busca conectar intencionalmente una variable con otra, lo que se hace es observar fenómenos tal cual suceden en un contexto natural. En este tipo de investigación las variables independientes ocurren por si solas y no se manipulan puesto que no hay

intención de hacer control directo en estas porque ya sucedieron al igual que sus efectos (30).

### **3.1.2.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación del trabajo es descriptivo ya que solo se busca recoger información de forma independiente y luego describir lo que se observa y lo que se tiene (30).

## **3.2 Diseño de investigación**

El diseño de investigación es transversal o también llamado transeccional y consiste en el recojo de los datos en un único tiempo o momento y se evoca a describir y analizar lo que está sucediendo, (30).

## **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.3.1 Técnicas de recolección de datos**

La técnica seleccionada para la recolección de datos es la observación estructurada ya que se hacen salidas a campo para ver en qué condiciones y circunstancias se encuentra actualmente la ex planta metalúrgica, los pasivos ambientales que esta genera y que aún no se han mitigado o tratado.

### **3.3.2 Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos son la ficha de observación, la guía de evaluación de riesgos del MINAM y la guía de muestreo de suelo. Utilizamos algunos equipos como el GPS, multiparámetro, también fue necesario el uso de software (Arcgis), para el logro de los objetivos trazados.

Para las matrices de evaluación de riesgos se consideran las siguientes fórmulas establecidas por el Ministerio del Ambiente en su guía. (*Ver Tabla 7*).

$$RIESGO = PROBABILIDAD \times CONSECUENCIA$$

**Tabla 7**  
Rangos de Estimación Probabilística

Valor		Probabilidad
5	Muy probable	Sucede diario o con intervalos menores una vez a la semana
4	Altamente probable	Sucede entre una vez a la semana y una vez al mes
3	Probable	Sucede entre una vez al mes y una vez al año
2	Posible	Sucede entre una vez al año y una vez cada 05 años
1	Poco posible	Sucede una vez cada 05 años a más

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la Guía del MINAM (2013).

La estimación de la probabilidad de ocurrencia se expresa según la frecuencia con la que se pueda dar un peligro o riesgo. Para la investigación se tiene en consideración tres tipos de estimación que son las siguientes:

- Estimación de consecuencia en la salud de la población. (Ver Tabla 8)

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + \text{Población}$$

C= cantidad

E= Extensión

P= Peligrosidad

Pobl. = población potencialmente afectada

**Tabla 8**  
Valoración de consecuencias (entorno humano)

Cantidad			Peligrosidad		
4	Muy Alta	Mayor a 500	4	Muy Peligrosa	Muy Tóxica
3	Alta	De 50 a 500	3	Peligrosa	Tóxica
2	Muy Poca	De 5 a 49	2	Poco Peligrosa	Poco Tóxica
1	Poca	Menor a 5	1	No Peligrosa	No Tóxica
Extensión			Población afectada		
4	Muy Extenso	Radio mayor a 1 km	4	Muy Alta	Más de 100 personas
3	Extenso	Radio hasta 1 km	3	Alta	Entre 50 y 100 personas
2	Poco Extenso	Radio menor a 0.5 km	2	Bajo	Entre 5 y 50 personas
1	Puntual	Área afectada (Zona delimitada)	1	Muy Bajo	Menos de 5 personas

Fuente: Elaboración propia según la Guía del MIMAN (2013).

- Estimación de consecuencia en la calidad del ambiente. Ver Tabla 9

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

CM: Calidad del medio

**Tabla 9**

Valoración de consecuencias (entorno ecológico o natural)

<b>Cantidad</b>			<b>Peligrosidad</b>		
4	Muy Alta	Mayor a 500	4	Muy Peligrosa	Muy Tóxica
3	Alta	De 50 a 500	3	Peligrosa	Tóxica
2	Muy Poca	De 5 a 49	2	Poco Peligrosa	Poco Tóxica
1	Poca	Menor a 5	1	No Peligrosa	No Tóxica
<b>Extensión</b>			<b>Calidad del Medio</b>		
4	Muy Extenso	Radio mayor a 1 km	4	Muy Elevada	Daños muy alto y un nivel de contaminación alto
3	Extenso	Radio hasta 1 km	3	Elevada	Daños altos y un nivel de contaminación moderado
2	Poco Extenso	Radio menor a 0.5 km	2	Media	Daños moderados y un nivel de contaminación bajo
1	Puntual	Área afectada (Zona delimitada)	1	Baja	Daños leves y un nivel de contaminación casi inexistente

Fuente: Elaboración propia según la Guía del MIMAN (2013).

- Estimación de consecuencia socioeconómica. Ver Tabla 10

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

PCP: Patrimonio y capital colectivo

**Tabla 10**  
Valoración de Consecuencias (entorno socioeconómico)

Cantidad			Peligrosidad		
4	Muy Alta	Mayor a 500	4	Muy Peligrosa	Muy Tóxica
3	Alta	De 50 a 500	3	Peligrosa	Tóxica
2	Muy Poca	De 5 a 49	2	Poco Peligrosa	Poco Tóxica
1	Poca	Menor a 5	1	No Peligrosa	No Tóxica

Extensión			Patrimonio y capital productivo		
4	Muy Extenso	Radio mayor a 1 km	4	Muy Alto	Letal: Pérdida del 100 % del cuerpo receptor Sin productividad y nula distribución de recursos.
3	Extenso	Radio hasta 1 km	3	Alto	Agudo: Pérdida del 50 % del cuerpo receptor Escasa productividad y poca distribución de recursos.
2	Poco Extenso	Radio menor a 0.5 km	2	Bajo	Crónico: Pérdida entre el 10 % y 20 % del cuerpo receptor Medianamente productividad y mediana distribución de recursos.
1	Puntual	Área afectada (Zona delimitada)	1	Muy Bajo	Pérdida entre el 1 % y el 2 % del cuerpo receptor Alta productividad y alta distribución de recursos.

Fuente: Elaboración propia según la Guía del MIMAN (2013)

Finalmente, para cada uno de los escenarios identificados, se asigna una puntuación de 1 a 5 de acuerdo a la gravedad de las consecuencias en cada entorno. Ver *Tabla 11*

**Tabla 11**  
Valoración de los escenarios identificados

Valor	Valoración	Valor Asignado
Crítico	20 – 18	5
Grave	17 – 15	4
Moderado	14 – 11	3
Leve	10 – 8	2
No relevante	7 – 5	1

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía del MINAM (2013).

### 3.4 Procedimiento

Primero se realizó una revisión bibliográfica de la información existente con respecto a la zona de interés para tener una guía sobre la forma de trabajo y especialmente las dificultades que otros investigadores encontraron en la zona de trabajo para lograr superarlas con mayor rapidez. Luego se procedió a una salida a campo para reconocimiento de la zona de estudio y verificación de los antecedentes internacionales, nacionales y locales desarrollados en la capítulo II (marco teórico).

Para realizar el muestreo de suelo se estableció un objetivo general, evaluar los pasivos ambientales mineros del distrito de El Tambo, y como objetivos específicos, evaluar el nivel de riesgo a la salud, nivel socioeconómico y calidad del ambiente de la población, de los pasivos ambientales mineros que se encuentran en el distrito de El Tambo, que fueron elegidos en el estudio preliminar que se realizó en la zona tomando como indicador de los mismos la existencia de canchas de relave en el área. Con los objetivos establecidos se procedió a identificar las vías de acceso a la zona como se muestra en la *Tabla 12*, además de considerarse también las pendientes entre los tramos (*Ver Anexo 4*).

**Tabla 12**

Vías de acceso

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Distancia</b>
Mariátegui y Huancavelica	Mariátegui y Los Bosques	589 m
Mariátegui y Los Bosques	Los Bosques y Francisco Bolognesi	251 m
Los Bosques y Francisco Bolognesi	Ex Planta Metalúrgica Yauris	655 m
<b>Recorrido Total</b>		<b>1495 m</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al informe de la visita técnica a la ex planta concentradora Yauris, 2016, se tiene conocimiento de que, a causa de ella, los terrenos aledaños presentan contaminación por plomo (Pb), cadmio (Cd) y cromo (Cr); los mismos que, causan daño a la salud y medio ambiente. Se consideró esto en cuenta para el posterior análisis de las muestras que se tomaron.

Al momento de delimitar el área de interés se determinó el sesgo de esta área en tres parcelas, y se procedió a establecer el tipo de muestreo el cual fue de identificación, que está orientado a verificar si el suelo está contaminado o no, considerando los Estándares de Calidad Ambiental, después se procedió a la localización, distribución y determinación de números de puntos de muestreo (*Ver Tabla 13,14,15 y Figura 13,14,15*) como se muestra a continuación:

**Tabla 13**

Puntos de muestreo de la Parcela I

PARCELA I			
PERÍMETRO		ÁREA	
989 m		46, 536 m <sup>2</sup> ≈ 4.65 ha	
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
	ZONA 18 L		
	ESTE	NORTE	
01	474815.00 m	8666229.00 m	3213 msnm
02	474957.46 m	8666076.06 m	3216 msnm
03	474991.05 m	8666096.36 m	3219 msnm
04	475037.98 m	8666233.48 m	3237 msnm
05	474972.34 m	8666294.37 m	3236 msnm
06	475063.11 m	8666362.01 m	3238 msnm
07	475022.58 m	8666429.80 m	3233 msnm
08	474854.18 m	8666318.53 m	3222 msnm

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

Parcela I



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de muestreo dirigido en la Parcela I, han tenido como criterios la accesibilidad a la cercanía de la ex planta Metalúrgica Yauris, las características del terreno que evidencian presencia y espacios urbanos, animales de pastoreo (vacas) y antecedentes de contaminantes.

**Tabla 14**

Puntos de muestreo de la Parcela II

PARCELA II			
PERÍMETRO		ÁREA	
345 m		5,310 m <sup>2</sup> ≈ 0.53 ha	
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
	ZONA 18 L		
	ESTE	NORTE	
01	474805.00 m	8666240.00 m	3211 msnm
02	474818.00 m	8666286.00 m	3217 msnm
03	474784.00 m	8666278.00 m	3212 msnm
04	474728.00 m	8666310.00 m	3205 msnm
05	474692.00 m	8666267.00 m	3200 msnm
06	474722.00 m	8666236.00 m	3201 msnm
07	474786.00 m	8666257.00 m	3208 msnm

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12**

Parcela II



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de muestreo dirigido en la Parcela II, han tenido como criterios la accesibilidad y presencia de suelos de cultivo.

**Tabla 15**

Puntos de muestreo de la Parcela III

PARCELA III			
PERÍMETRO		ÁREA	
901 m		44,829 m <sup>2</sup> ≈ 4.48 ha	
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
	ZONA 18 L		
	ESTE	NORTE	
01	474570.30 m	8666427.72 m	3202 msnm
02	474473.17 m	8666362.95 m	3195 msnm
03	474424.21 m	8666104.10 m	3193 msnm
04	474690.61 m	8666266.16 m	3200 msnm

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13**

Parcela III



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de muestreo dirigido en la Parcela III, han tenido como criterios de decisión la pendiente del lugar, la accesibilidad al mismo ya que el área de interés de muestreo aparentemente viene siendo lotizado, punto intermedio de donde se viene señalizando los próximos lotes, la presencia de animales de pastoreo (vacas).

Se estableció como profundidad para el muestreo de 30 – 45 cm, asimismo, el tipo de muestra fue simple y superficial, por lo que, las muestras fueron utilizadas con propósitos de investigación, así mismo se estableció solo sacar una muestra por parcela.

### **Materiales y Equipos:**

- Pico
- Barreta
- Guía de muestreo de suelo
- Lapicero
- Guantes Quirúrgicos
- Casco y Mascarilla
- Lampa
- GPS
- Cuaderno de campo
- Cámara
- Recipientes para las muestras
- Zapatos de Seguridad

Una vez se tuvieron las muestras se procedió a embalarlas asegurando la completa inmovilidad de los recipientes donde fueron colocados y que serán transportados fuera del área de estudio (Ver Tabla 16). A cada muestra se le adjunto su respectiva cadena de custodia que fueron facilitadas por el laboratorio SAG, en donde se analizaron las muestras, esto debido a que por la situación actual no se pudo hacer personalmente el análisis además de que para realizar este tipo de análisis de suelos que puedan estar contaminados por metales pesados se requiere de equipos y reactivos especiales.

**Tabla 16**

Tipo de recipiente y volumen de la muestra

<b>Parcela</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen</b>
1	Metales pesados y Metaloides	8 Bolsas de Polietileno	1000 gr
2	Metales pesados y Metaloides	7 Bolsas de Polietileno	1000 gr
3	Metales pesados y Metaloides	4 Bolsas de Polietileno	1000 gr

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras fueron tomadas y trasladadas en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que determina desde el plan de muestreo, las técnicas de muestreo el manejo de las muestras, una vez enviada las muestras al laboratorio certificado se tuvo que esperar 15 días hábiles para la entrega del informe.

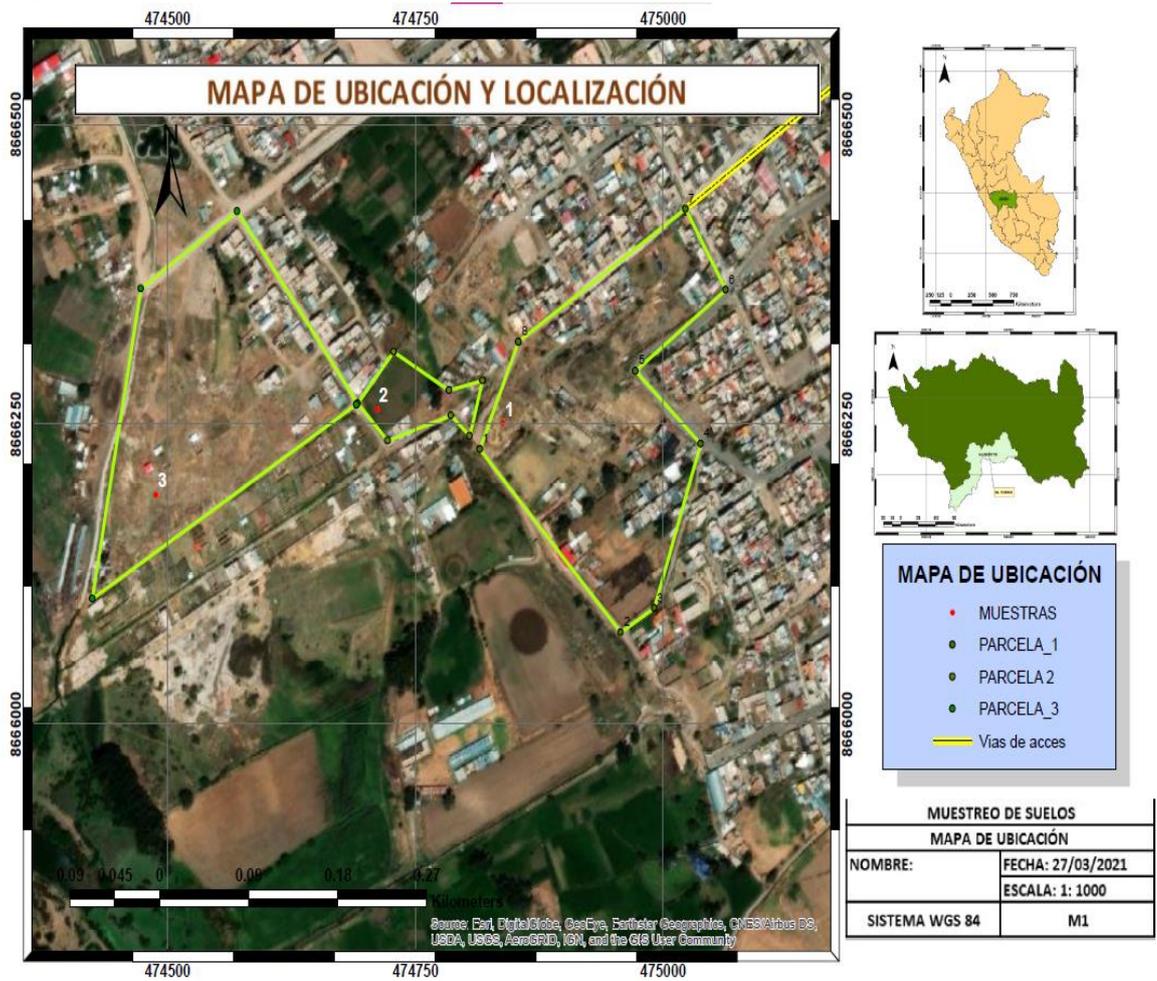
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

Figura 14

Mapa de ubicación y localización

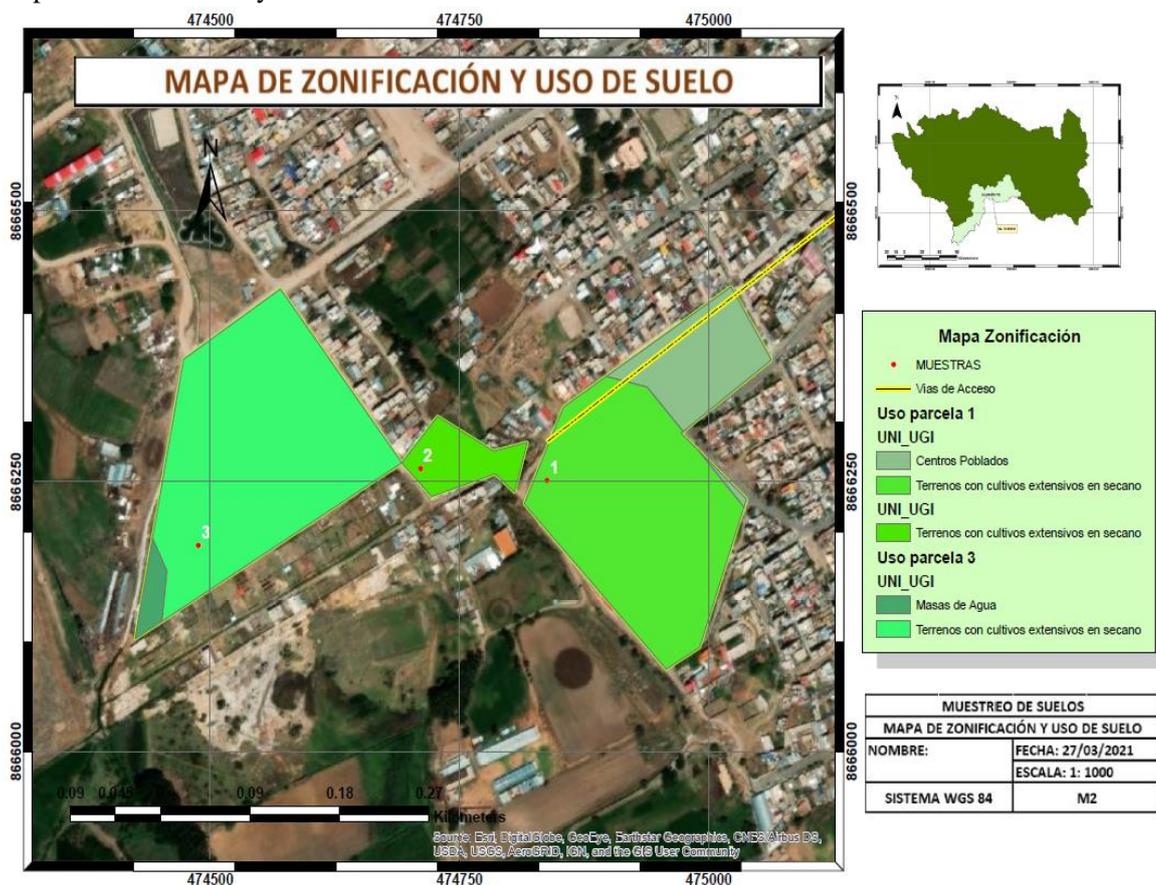


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 es el Mapa de Ubicación y Localización, se aprecia las tres parcelas que conforman el área de interés, se puede ver claramente la presencia de construcciones cerca o dentro de estas áreas, cabe resaltar que estas fueron donde antes se encontraba la ex planta metalúrgica, y donde se encuentra el pasivo ambiental, así mismo se visualiza ciertas áreas de cultivos pertenecientes a los residentes de la zona.

**Figura 15**

Mapa de zonificación y uso de suelo



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 es el Mapa de Zonificación y uso de suelo, se aprecia las tres parcelas que conforman el área de interés. De la parcela I y III gran parte de su área está zonificada como terrenos con cultivos extensivos en seco y en caso de la parcela II el total de su área es de uso agrícola ya que se aprecia que los terrenos tienen cultivos extensivos en seco. En caso de la parcela I una parte de su área está siendo usado como centro poblado es decir en esa parte de la parcela se encuentra construcciones de viviendas y personas viviendo ahí.

Los resultados del muestreo de suelo de las tres parcelas arrojaron presencia de diferentes metales como se muestra en el Anexo 3, en las tres parcelas se encontró 31 metales pesados la mayoría de estos superan los valores establecidos por el ECA suelo. Por ejemplo, tenemos al Aluminio (Al), Arsénico (As), Hierro (Fe) y Zinc (Zn) metales que se encuentran en estas

parcelas y que los valores que arrojaron el análisis de suelo indican que hay gran concentración de estos en toda el área de estudio. Entre estos metales se encontraron también el Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) que son los metales que se trabajaban en esta ex planta metalúrgica de Yauris, cuando se compara estos tres metales con el ECA de suelo se aprecia lo siguiente (Ver Tabla 17):

**Tabla 17**

Comparación de los resultados con el ECA de suelo

Muestra N°	Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Cromo (mg/kg)	
	Resultado obtenido	ECA de suelo Decreto Supremo N° 011- 2017- MINAM	Resultado obtenido	ECA de suelo Decreto Supremo N° 011- 2017- MINAM	Resultado obtenido	ECA de suelo Decreto Supremo N° 011- 2017- MINAM
1	9933.03	70* / 140**	35.92	1.4* / 10**	13.30	0.4* / 0.4**
2	327.30	70*	5.63	1.4*	12.89	0.4*
3	121.97	70*	3.41	1.4*	19.84	0.4*

Fuente: Elaboración Propia

\* Valor según el ECA de suelo para uso agrícola

\*\*Valor según el ECA de suelo para uso residencial

Como se aprecia en la Tabla 17 se comparó los valores obtenidos del análisis de suelo (Ver Anexo 3) con el ECA de suelo, se consideró el valor para suelo de uso agrícola y el valor de suelo de uso residencial en caso de la Parcela I debido a que en esta área según el mapa elaborado de zonificación (Ver Figura 17) tiene estos dos tipos de uso, por este motivo se compararon con ambos valores del ECA con las demás parcelas solo se comparó con el valor para suelo agricultura ya que es el único uso que tienen en este momento.

Como se ve en la tabla en la Parcela I, que es la parcela que se tiene ambos tipos de uso de suelo ya antes mencionados, en ambos casos se sobrepasa en gran medida el valor máximo de los tres metales pesados. Del mismo modo sucede con la Parcela II y III, ambos fueron comparados con el valor del ECA que establece para el suelo de uso agrícola, en donde también se puede ver que se excede la cantidad máxima permisible de estos tipos de metales en suelos usados para la agricultura.

Por lo tanto, se evaluó los riegos ambientales de los tres metales (Pb, Cd y Cr) (Ver Tabla 18) así como también se hizo los mapas de riesgos de cada uno.



- Consecuencia para el plomo en la parcela II para la salud es 17 siendo grave.

### **Parcela III**

Plomo:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (ver tabla 15)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 17$$

- Consecuencia para el plomo en la parcela III para la salud es 17 siendo grave.

### **Parcela I**

Cadmio:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (ver tabla 13)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 16$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela I para la salud es 16 siendo grave.

### **Parcela II**

Cadmio:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (ver tabla 13)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 16$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela II para la salud es 16 siendo grave.

### Parcela III

Cadmio:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 15)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 1; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 1 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 15$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela III para la salud zona urbana es 15 siendo grave.

### Parcela I

Cromo:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela I para la salud es 16 siendo grave.

### Parcela II

Cromo:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + Pobl$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 14)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; Pobl = 4$$

$$\text{Salud: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela II para la salud es 16 siendo grave.

### Parcela III

Cromo:

$$\text{Salud: } C + 2(P) + E + \text{Pobl}$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (ver tabla 15)

P= Peligrosidad (33) Pobl. = población potencialmente afectada

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; \text{Pobl} = 4$$

$$\text{Salud: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Salud: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela III para la salud es 16 siendo grave.

b) Estimación de consecuencia en la calidad del ambiente. Ver Tabla 9

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM \quad \text{CM: Calidad del medio}$$

### Parcela I

Plomo

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) CM: Calidad del medio

$$\therefore C = 4; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 4 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 18$$

- Consecuencia para el plomo en la parcela I para la calidad del ambiente es 18 siendo crítico.

### Parcela II

Plomo

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 14)

P= Peligrosidad (33) CM = Calidad del medio

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

*Calidad del ambiente: 17*

- Consecuencia para el plomo en la parcela II para calidad ambiental es 17 siendo grave.

### **Parcela III**

Plomo

*Calidad del ambiente:  $C + 2(P) + E + CM$*

C= cantidad (*tabla 17*)

E= Extensión (*tabla 15*)

P= Peligrosidad (33)

CM= Calidad del medio

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

*Calidad del ambiente: 17*

- Consecuencia para el plomo en la parcela II para la calidad ambiental es 17 siendo grave.

### **Parcela I**

Cadmio

*Calidad del ambiente:  $C + 2(P) + E + CM$*

C= cantidad (*tabla 17*)

E= Extensión (*tabla 13*)

P= Peligrosidad (33)

CM: Calidad del medio

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

*Calidad del ambiente: 16*

- Consecuencia para el cadmio en la parcela I para la calidad ambiental es 16 siendo grave.

### **Parcela II**

Cadmio

*Calidad del ambiente:  $C + 2(P) + E + CM$*

C= cantidad (*tabla 17*)

E= Extensión (*tabla 14*)

P= Peligrosidad (33)

CM: Calidad del medio

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 16$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela II para la calidad ambiental es 16 siendo grave.

### **Parcela III**

Cadmio

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

$$C = \text{cantidad (tabla 17)} \quad E = \text{Extensión (tabla 15)}$$

$$P = \text{Peligrosidad (33)} \quad CM = \text{Calidad del medio}$$

$$\therefore C = 1; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 1 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 15$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela III para la calidad ambiental es 15 siendo grave.

### **Parcela I**

Cromo

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

$$C = \text{cantidad (tabla 17)} \quad E = \text{Extensión (tabla 13)}$$

$$P = \text{Peligrosidad (33)} \quad CM = \text{Calidad del medio}$$

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela I para la calidad ambiental es 16 siendo grave.

### **Parcela II**

Cromo

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

$$C = \text{cantidad (tabla 17)} \quad E = \text{Extensión (tabla 14)}$$

$$P = \text{Peligrosidad (33)} \quad CM = \text{Calidad del medio}$$

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela II para la calidad ambiental es 16 siendo grave.

### **Parcela III**

Cromo

$$\text{Calidad del ambiente: } C + 2(P) + E + CM$$

C= cantidad (tabla 17)

E= Extensión (tabla 15)

P= Peligrosidad (33)

CM: Calidad del medio

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; CM = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela III para la calidad ambiental es 16 siendo grave.

c) Estimación de consecuencia socioeconómica. Ver Tabla 10

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

PCP: Patrimonio y capital colectivo

### **Parcela I**

Plomo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 4; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 4 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 18$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela I en lo socioeconómico es 18 siendo crítico

## Parcela II

Plomo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 14)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 17$$

- Consecuencia para el plomo en la parcela II en lo socioeconómico es 17 siendo grave.

## Parcela III

Plomo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 15)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 17$$

- Consecuencia para el plomo en la parcela III en lo socioeconómico es 17 siendo grave

## Parcela I

Cadmio

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 3; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 3 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 17$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela I en lo socioeconómico es 17 siendo grave

## Parcela II

Cadmio

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 14)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 16$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela II es 16 siendo grave

## Parcela III

Cadmio

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 15)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 1; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 1 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 15$$

- Consecuencia para el cadmio en la parcela III es 15 siendo grave

## Parcela I

Cromo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela I es 16 siendo grave

## Parcela II

Cromo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 14)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela II es 16 siendo grave

## Parcela III

Cromo

$$\text{Socioeconómico: } C + 2(P) + E + PCP$$

C= cantidad (tabla 17) E= Extensión (tabla 13)

P= Peligrosidad (33) PCP: Patrimonio y capital colectivo

$$\therefore C = 2; P = 3; E = 4; PCP = 4$$

$$\text{Calidad del ambiente: } 2 + 2(3) + 4 + 4$$

$$\text{Socioeconómico: } 16$$

- Consecuencia para el cromo en la parcela III es 16 siendo grave

De acuerdo con la Valoración de los escenarios (Ver Tabla 11) se les asigno una puntuación que es la siguiente:

**Tabla 19**

Estimación de la consecuencia del Pb, Cd, Cr en salud, calidad ambiental y socioeconómico en las tres parcelas estudiadas

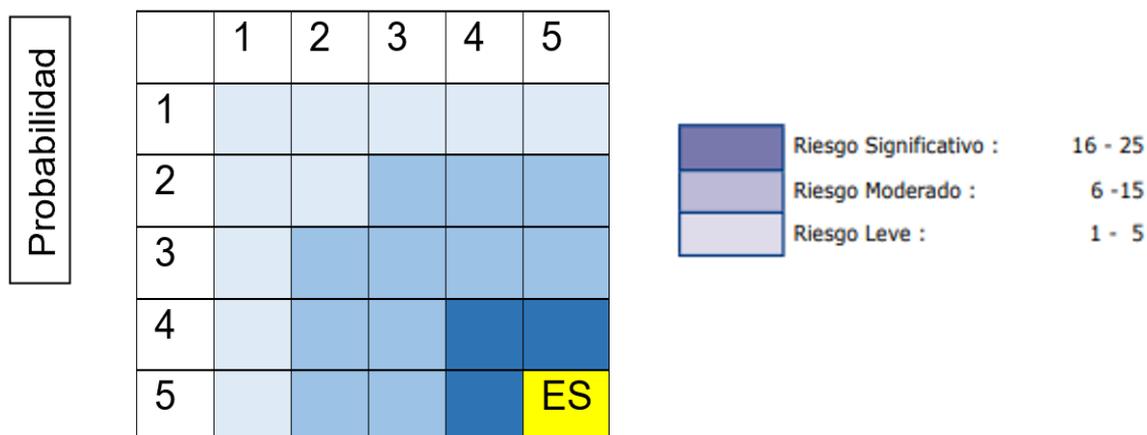
Nº. de parcela	Mineral	Salud	Calidad ambiental	Socioeconómico
I	Pb	18 = 5	18 = 5	18 = 5
II y III	Pb	17 = 4	17 = 4	17 = 4
I	Cd	16 = 4	16 = 4	17 = 4
II	Cd	16 = 4	16 = 4	16 = 4
III	Cd	15 = 4	15 = 4	15 = 4
I, II y III	Cr	16 = 4	16 = 4	16 = 4

La evaluación final ambientales de los tres escenarios están representados en las siguientes tablas:

**Figura 16**

Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I con plomo

**Escenario Salud Pb parcela I**



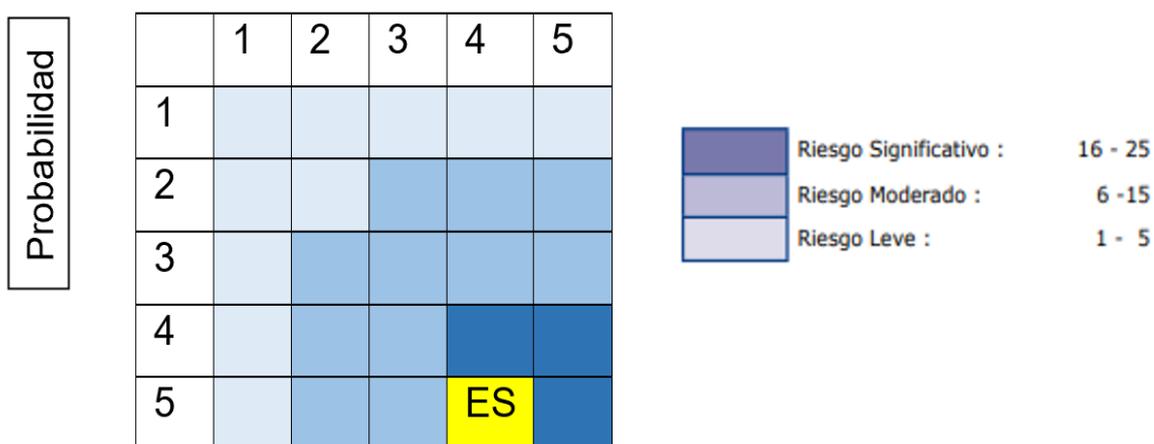
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno salud, el riesgo ambiental del plomo en la parcela I es riesgo significativo con ponderación de 25. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 100 %.

**Figura 17**

Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela II y III con plomo

**Escenario Salud Pb parcela II y III**



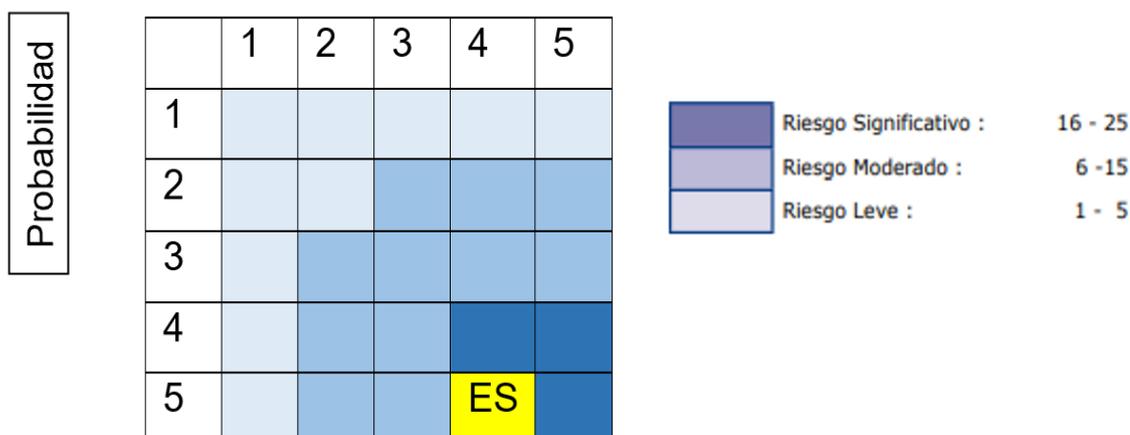
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno salud, el riesgo ambiental del plomo en la parcela II y II es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 18**

Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I, II y III con cadmio

### Escenario Salud Cd parcela I, II y III



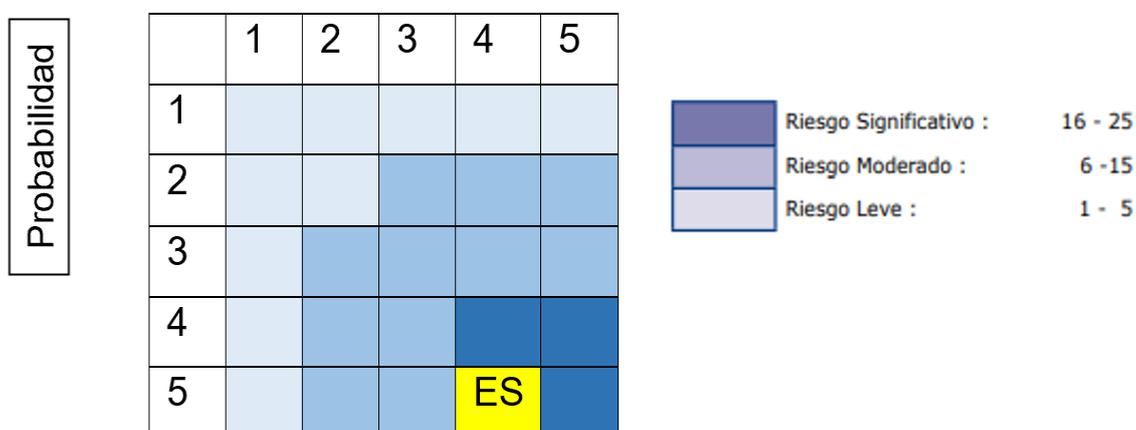
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno salud, el riesgo ambiental del cadmio en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 19**

Riesgo Ambiental para el escenario salud parcela I, II y III con cromo

### Escenario Salud Cr parcela I, II y III



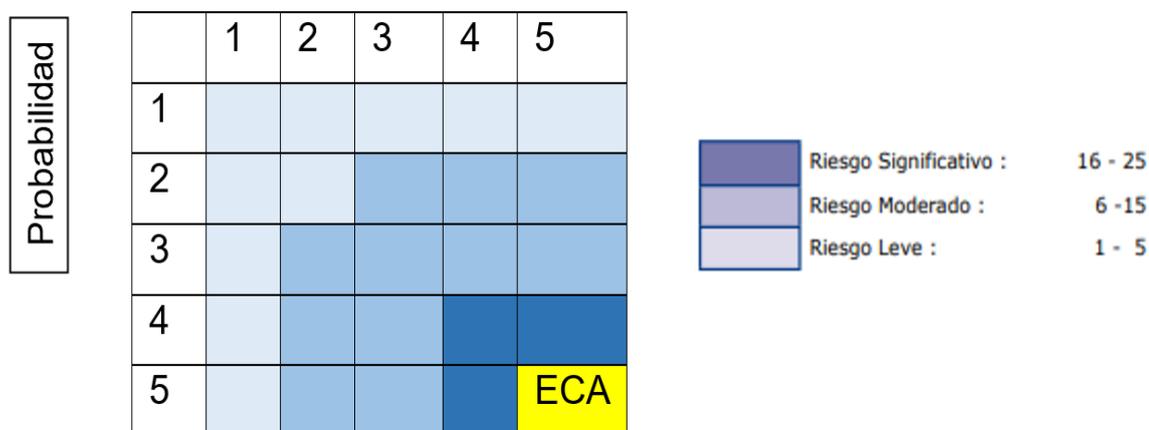
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno salud, el riesgo ambiental del cromo en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 20**

Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I plomo

**Escenario Calidad ambiental Pb parcela I**



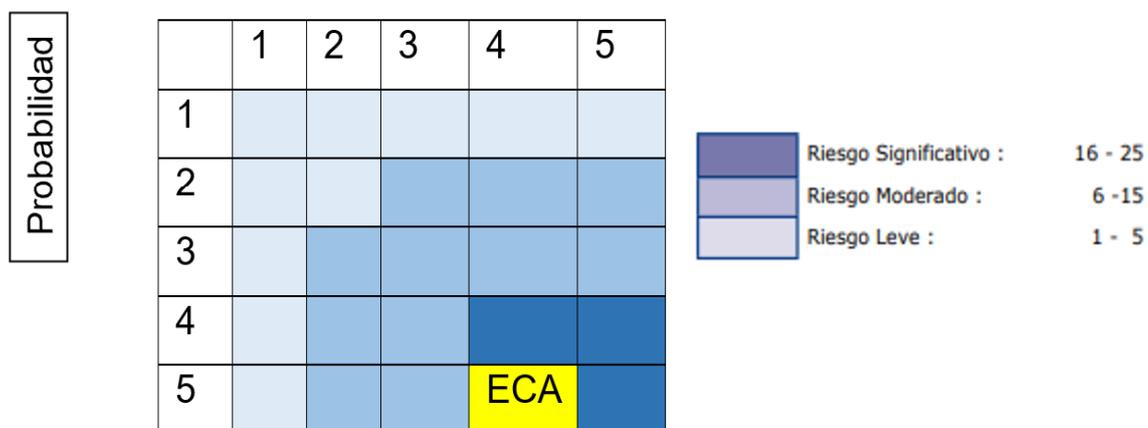
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno calidad ambiental del plomo en la parcela I es riesgo significativo con ponderación de 25. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 100 %.

**Figura 21**

Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela II y III plomo

**Escenario Calidad ambiental Pb parcela II y III**



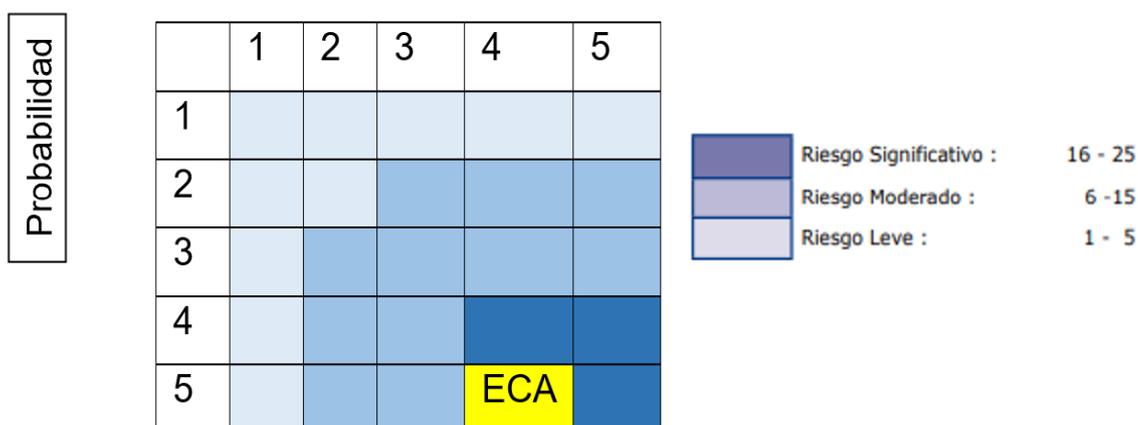
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno calidad ambiental del plomo en la parcela II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 22**

Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I, II y III cadmio

### Escenario Calidad ambiental Cd parcela I, II y III



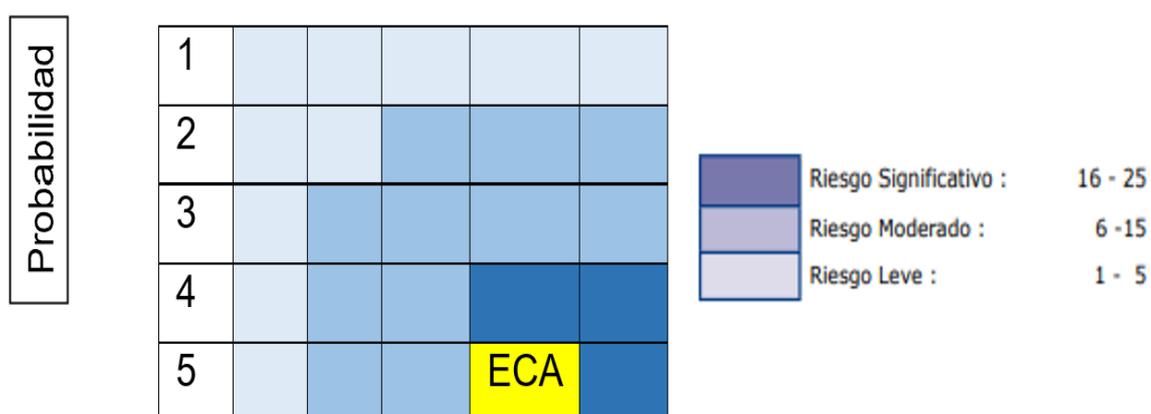
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno calidad ambiental del cadmio en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 23**

Riesgo Ambiental para el escenario Calidad Ambiental parcela I, II y III cromo

### Escenario Calidad ambiental Cr parcela I, II y III



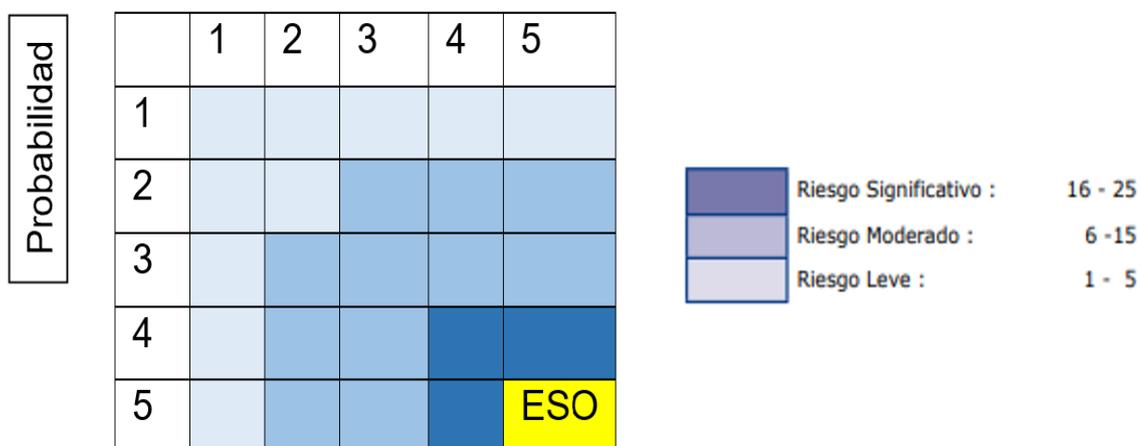
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno calidad ambiental del cromo en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 24**

Riesgo Ambiental para el escenario Socioeconómico parcela I plomo

### Escenario Socioeconómico Pb parcela I



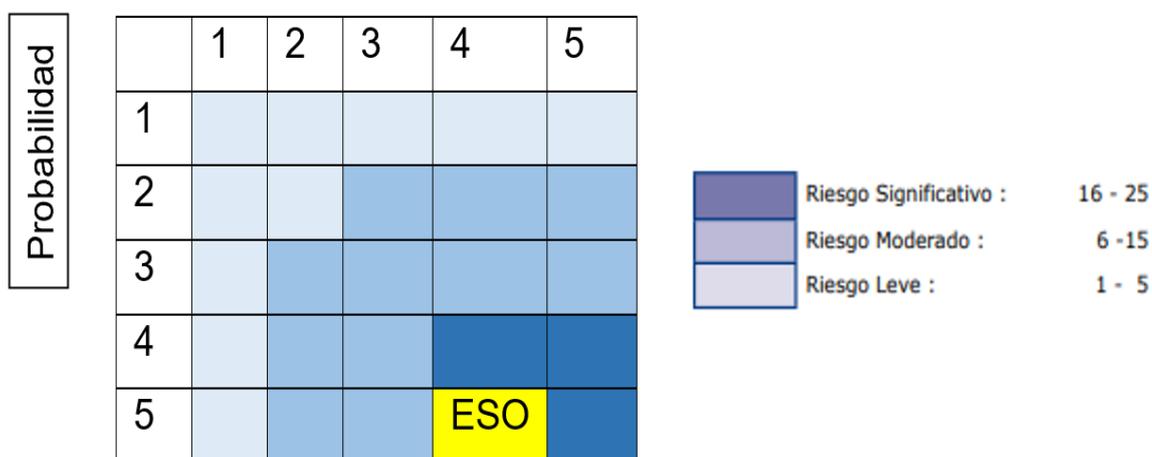
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno Socioeconómico del plomo en la parcela I es riesgo significativo con ponderación de 25. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 100 %.

**Figura 25**

Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela II y III plomo

### Escenario Socioeconómico Pb parcela II y III



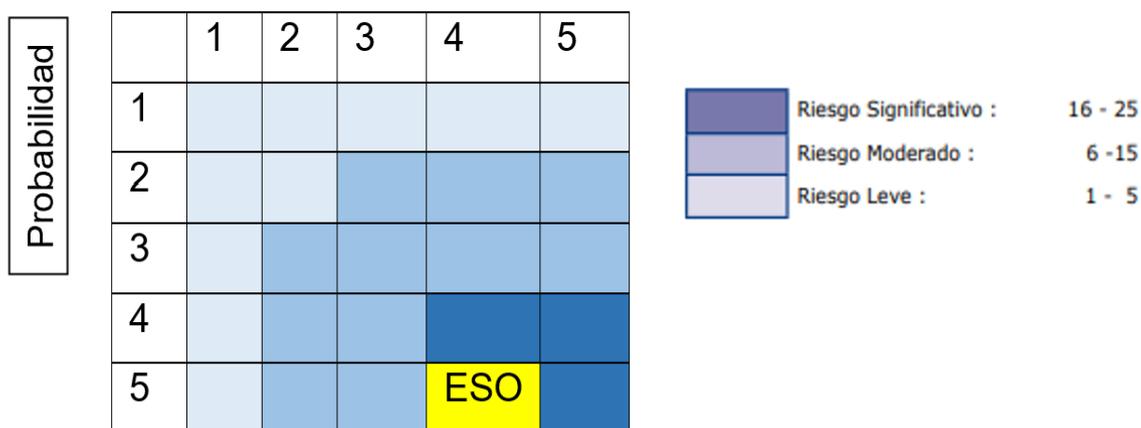
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno Socioeconómico del plomo en la parcela II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 26**

Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela I, II y III cadmio

### Escenario Socioeconómico Cd parcela I, II y III



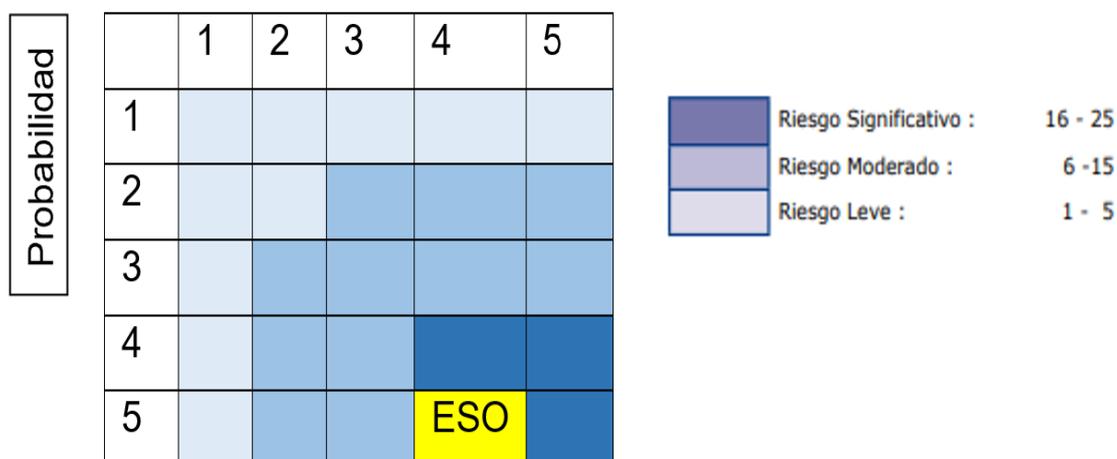
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno Socioeconómico del cadmio en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

**Figura 27**

Riesgo Ambiental para el escenario socioeconómico parcela I, II y III cromo

### Escenario Socioeconómico Cr parcela I, II y III



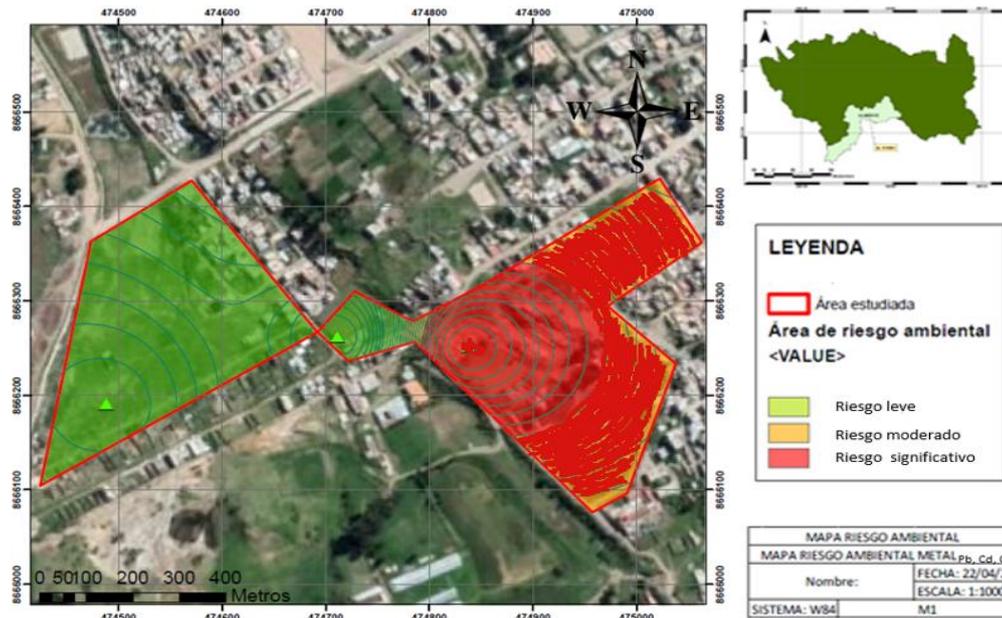
Fuente: Elaboración propia.

Para el entorno Socioeconómico del cromo en la parcela I, II y III es riesgo significativo con ponderación de 20. Equivalencia porcentual de riesgo ambiental es de 80 %.

Para poder visualizar mejor como es que el Pb, Cd y Cr representan un riesgo, esto tomando desde una perspectiva individual, es que se realizó tres mapas de riesgos tomando en cuenta las tres parcelas del área de interés.

**Figura 28**

Mapa de Riesgo Ambiental de la I parcela con Pb, Cd, Cr, en escenarios de salud, ambiental y socioeconómico

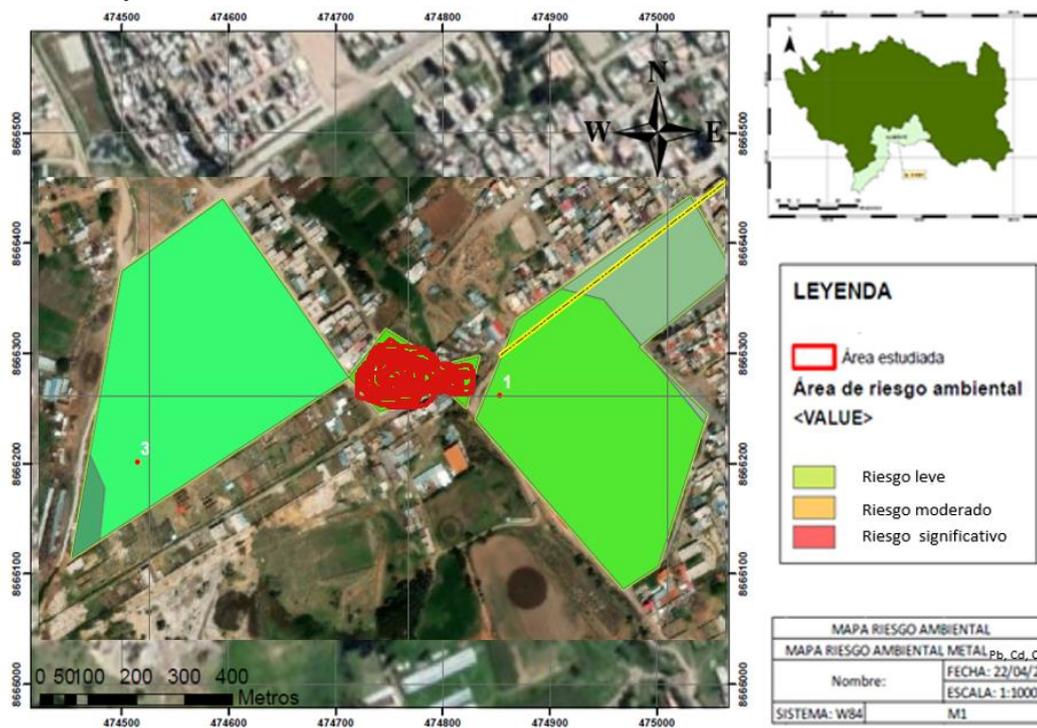


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se puede visualizar el riesgo significativo del metal Plomo, cadmio y cromo, en Parcela I, en toda esta zona se encuentra un asentamiento humano, solo la parcela I está urbanizada.

**Figura 29**

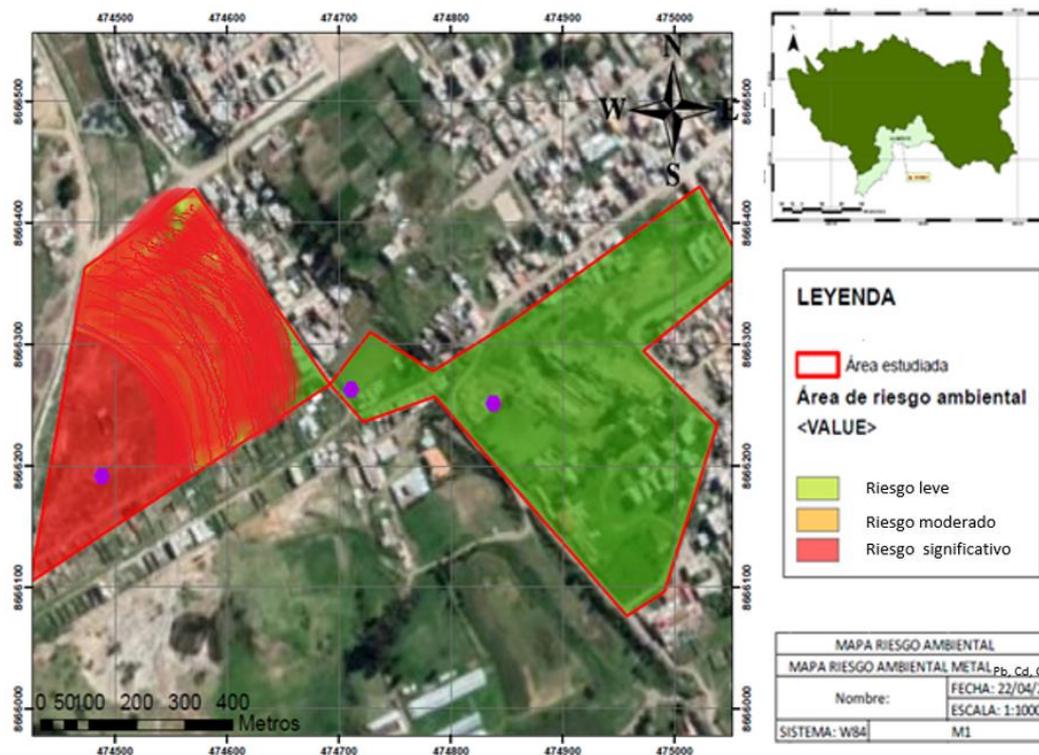
Mapa de Riesgo Ambiental de la parcela II con metal Pb, Cd y Cr, en escenario de salud, ambiental y socioeconómico



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 30**

Mapa de Riesgo Ambiental de la parcela III con metal Pb, Cd y Cr, en escenario de salud, ambiental y socioeconómico



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se puede visualizar el riesgo significativo de la parcela III con los metales Plomo, cadmio y cromo.

## 4.2 Comprobación de hipótesis

**Tabla 20**

Nivel de riesgo ambiental

Entorno	Riesgo Ambiental	
Salud Pb, Cd, Cr	100 % parcela I y 80 % en la parcela II y III	Riesgo significativo
Calidad ambiental Pb, Cd, Cr	100 % parcela I y 80 % en la parcela II y III	Riesgo significativo
Socioeconómico: Pb, Cd, Cr	100 % parcela I y 80 % en la parcela II y III	Riesgo significativo

Fuente: Elaboración propia.

Hi: Los riesgos originados por los pasivos ambientales ubicados en el distrito de El Tambo, en la provincia de Huancayo son riesgo significativo.

Los riesgos por pasivos ambientales en el área de interés ubicado en el distrito de El Tambo, en la provincia de Huancayo están categorizados con un nivel de Riesgo significativo por lo que se acepta la Hipótesis de la Investigación.

### **4.3 Discusión de resultados**

En el 2016 se realizó un informe sobre la visita técnica a la ex planta concentradora de Yauris y a la planta piloto de YAURIS – UNCP. Donde se desea conocer los pasivos ambientales de la ex planta concentradora, ubicado en el distrito de El Tambo – Huancayo, manifiestan que se desconoce el nivel de riesgo que viene afectando a la salud de la población, a la calidad del medio natural y la seguridad de la población circundante los altos contenidos de plomo, cadmio y cromo encontrados, dicho trabajo concluye que el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris es alto, en dicha ficha técnica, no hay referencia a muestreo de suelos, ni datos numéricos de los niveles de metales encontrados, más si fotos de evidencia de la contaminación en los diferentes escenarios, es por esa razón que se realiza esta investigación enfocados en la provincia de Yauris, Departamento de Huancayo, donde se quiere a dar a conocer el riesgo existente con muestras in situ y análisis de suelo para plomo, cadmio y cromo.

La cantidad de plomo encontrada en la parcela I supera 141 veces los estándares del ECA para suelo agrícola (Tabla 17) y 70 veces los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17), en la parcela II supera 4 veces los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17), en la parcela III es mayor en 51mg al estándar del ECA para suelo residencial (Tabla 17).

La cantidad de cadmio encontrada en la parcela I supera 25 veces los estándares del ECA para suelo agrícola (Tabla 17) y 3.5 veces los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17), en la parcela II supera en 4 veces los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17), en la parcela III supera en 2 veces al estándar del ECA para suelo residencial (Tabla 17).

La cantidad de cromo encontrada en la parcela I supera 33 veces los estándares del ECA para suelo agrícola y residencial (Tabla 17), en la parcela II supera en 32 veces los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17), en la parcela III supera en 49 veces a los estándares del ECA para suelo residencial (Tabla 17).

La parcela I es el área de mayor contaminación de pasivos mineros, puesto que hay 141 veces plomo, 25 veces Cadmio y 33 veces Cromo a los estándares del ECA, esto se considera de alerta puesto esta área esta por una parte urbanizada.

La parcela II y III son las que tienen mayor concentración de cromo ya que superan en 33 veces y 49 veces respectivamente los estándares del ECA, esto es significativo ya que el cromo es considerado un metal cancerígeno, y las áreas mencionadas son de uso agrícola.

La estimación de la consecuencia del plomo en la salud en la parcela I es de valor crítico, en la parcela II y III es de valor grave. (pág. 52), del cadmio y cromo en la parcela I, II y III es de valor grave. (pág. 53, 54). La estimación de la consecuencia en la calidad ambiental del plomo en la parcela I es de valor crítico, en la parcela II y III es de valor grave. (pág. 55,56), del cadmio y cromo en la parcela I, II y III es de valor grave. (pág. 56, 57). La estimación de la consecuencia socioeconómico del plomo en la parcela I es de valor crítico en la parcela II y III es de valor grave. (pág. 58,59), del cadmio y cromo en la parcela I, II y III es de valor grave. (pág. 60, 61). Estos datos revelan los peligros de no realizar los cierres respectivos de pasivos ambientales establecidos en la ley que regulan los pasivos ambientales de la actividad minera, Ley N° 28271 artículo 6, presentación del plan de cierre de pasivos ambientales.

Según los datos obtenidos de la valorización de la consecuencia (pág. 62) encadenado con la (Tabla 7) y al relacionarlos con la probabilidad (tabla 11) se obtiene el valor del riesgo ambiental en la salud para la parcela I con el plomo es de 100 %, en la parcela II y III es el 80 %, el cadmio y cromo en la parcela I, II, III es del 80 %, para la calidad ambiental en la parcela I con el plomo es de 100%, en la parcela II y III es el 80 %, el cadmio y cromo en la parcela I, II, III es del 80 %, en lo socioeconómico en la parcela I con el plomo es de 100 %, en la parcela II y III es el 80 %, el cadmio y cromo en la parcela I, II, III es del 80 %, en los tres escenarios salud, calidad ambiental y socioeconómico, con los metales Pb, Cd y Cr, en las tres áreas estudiadas el riesgo ambiental es significativo, concordando con un estudio realizado en la misma zona del año 2015 donde se enfocó el riesgo ambiental ocasionado por relaves de la ex planta metalúrgica determina que el nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alto.

1. La parcela 1 tiene uso mayormente agrícola, pero en una zona se en particular de esta parcela se da un uso residencial ya que se aprecia construcción de viviendas y población que las habitan. En esta parcela hay una elevada presencia de Plomo y Cadmio que pueden estar repercutiendo gravemente en la salud de la población que viven en una parte de esta.
2. La parcela 2 tiene uso netamente agrícola para consumo local de la zona, pero se debe tomar en cuenta que, si bien en esta parcela no hay la prevalencia de uno de los tres metales estudiados, se encuentran muy cercano al foco de riesgos detectado del Pb y Cd de la parcela I. Además de que pone en alerta sobre la absorción de estos metales por parte de los cultivos cercanos a la zona donde se identificó gran concentración de estos.
3. La parcela III tiene un uso agrícola y hay presencia de un cuerpo de agua superficial en una pequeña parte de esta. Se determinó que en esta parcela hay gran concentración de Cr, y esta concentración se encuentra justamente en la zona donde está el cuerpo de agua antes mencionado.

4. Los riesgos ambientales de los pasivos ambientales de la ex planta metalúrgica de Yauris en los tres entornos evaluados (socioeconómico, ambiental y salud) están categorizados como riesgos moderados con una ponderación de 60 % para los tres, sin embargo, tomando en cuenta el porcentaje también hace denota que está a casi nada de convertirse en riesgos ambientales altos.

El nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alta, y el nivel de riesgo ambiental promedio general para el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris es alto.

## CONCLUSIONES

1. El nivel de riesgo generado por el pasivo ambiental en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo es elevado, debido fundamentalmente al plomo, cadmio y cromo que supera a los ECAs del suelo residencial.
2. La cantidad de plomo encontrada en la parcela I supera 141 veces los estándares del ECA para suelo agrícola y 70 veces los estándares del ECA para suelo residencial, en la parcela II supera 4 veces los estándares del ECA para suelo residencial, en la parcela III es mayor en 51 mg al estándar del ECA para suelo residencial.
3. La cantidad de cadmio encontrada en la parcela I supera 25 veces los estándares del ECA para suelo agrícola y 3.5 veces los estándares del ECA para suelo residencial, en la parcela II supera en 4 veces los estándares del ECA para suelo residencial, en la parcela III supera en 2 veces al estándar del ECA para suelo residencial.
4. La cantidad de cromo encontrada en la parcela I supera 33 veces los estándares del ECA para suelo agrícola y residencial, en la parcela II supera en 32 veces los estándares del ECA para suelo residencial, en la parcela III supera en 49 veces a los estándares del ECA para suelo residencial.
5. El nivel de riesgo a la salud del pasivo ambiental ubicado en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo, es grave principalmente por las lecturas que tenemos de los metales pesados que fueron motivo de estudio, así como la evaluación de la exposición, de la amenaza y del contexto.
6. El nivel de riesgo de la calidad ambiental del pasivo ambiental ubicado en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo, es crítica principalmente por el peligro de tener esos niveles altos de contaminantes en sus suelos.
7. El nivel de riesgo en el entorno socioeconómico del pasivo ambiental ubicado en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo, es preocupante ya que especialmente en la parcela I se producen alimentos de consumo directo mismos que no deberían ser comercializados en la ciudad.

## RECOMENDACIONES

- Extender el estudio para los otros 28 metales encontrados en el área de interés, asimismo; se debe realizar estudios similares en varios puntos de la cuenca del Mantaro o en otros sectores donde hay o hubo minería y se encuentren presenten PAMs. De esta forma se contribuirá también a actualizar el inventario de PAMs del MINEM y el conocimiento del estado de estos para el MINAM.
- Los riesgos ambientales de los pasivos ambientales de la ex planta metalúrgica de Yauris en los tres entornos evaluados (socioeconómico, ambiental y salud) están categorizados como riesgos moderados con una ponderación de 60% para los tres, sin embargo, tomando en cuenta el porcentaje también hace denotar que están muy cerca de convertirse en riesgos ambientales altos.
- Solo se evaluó en el componente suelo, por lo que, el trabajo de investigación puede extenderse también a la evaluación de riesgos ambientales en cuerpos de agua en las áreas de impacto de los pasivos ambientales mineros.
- Como siguiente paso se recomienda realizar monitoreos y proponer planes para la remediación y/o recuperación de las zonas afectadas por los pasivos ambientales mineros que presentan un riesgo significativo para la calidad de suelo superficial de área estudiada.
- Se debe realizar estudios de toxicología ambiental y epidemiológicos en las personas, ganado y vida silvestre de la zona que se encuentre en el área de influencia directa e indirecta de la zona estudiada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GLAVE, Manuel y KURAMOTO, Juana. La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta por saber. In: *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú* [online]. Lima : GRADE, 2007. p. 135–181. [Accessed 18 noviembre 2020]. ISBN 978-9972-615-42-9. Available from: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/grade/20100513021350/InvPolitDesarr-4.pdf>
2. VIDALÓN, Guillermo. ¿Por qué somos un país minero? *ProActivo* [online]. 10 abril 2015. [Accessed 18 noviembre 2020]. Available from: <https://proactivo.com.pe/guillermo-vidalon-por-que-somos-un-pais-minero/>
3. TIEMPO MINERO. Minería: todo lo que necesitas saber. *Blog de la Cámara Minera del Perú* [online]. 2019. [Accessed 18 noviembre 2020]. Available from: <https://camiper.com/tiempominero/mineria-necesitas-saber-minas/>
4. GESTIÓN. Minería puede ser el salvavidas para economía peruana en recesión | ECONOMIA | GESTIÓN. [online]. Lima: NOTICIAS GESTIÓN, 20 agosto 2020. [Accessed 18 noviembre 2020]. Available from: <https://gestion.pe/economia/mineria-puede-ser-el-salvavidas-para-economia-peruana-en-recesion-noticia/>“Se suspendieron buena parte de las operaciones, manteniéndose solo las actividades de mantenimiento críticas. Esto significó una caída de producción muy importante”, afirmó el director ejecutivo de la SNMPE, Pablo de la Flor.
5. INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ. ¿El Perú es un país minero? . [online]. 4 julio 2020. [Accessed 19 noviembre 2020]. Available from: <https://iimp.org.pe/promocion-minera/el-peru-es-un-pais-minero>
6. TIEMPO MINERO. Industria metalúrgica: Polonia y Perú impulsan su desarrollo - Tiempo Minero. *Cámara Minera del Perú* [online]. 31 octubre 2019. Available from: <https://camiper.com/tiempominero/industria-metalurgica-polonia-y-peru-impulsan-su-desarrollo/>
7. TAMAYO, Jesús, SALVADOR, Julio, VÁSQUEZ, Arturo y ZURITA, Víctor. *La industria de la Minería en el Perú* [online]. Lima, 2017. Available from: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf)
8. BAREÑO BOHÓRQUEZ, Cristian Alexander. *Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales en la minería de carbón, con enfoque de ecología política: estudio de caso municipio de Rondón (Boyacá)* [online]. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, 2018. Available from: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7695>
9. SURICHAQUI, Rocío. *Estudio de la Metodología de evaluación de riesgos más eficaz para instalaciones abandonadas de residuos mineros*. Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
10. MEDINA RIFFO, Lorena. *Análisis sobre la prevención de pasivos ambientales mineros en el actual marco jurídico*. Universidad de Chile, 2017.

11. CUENTAS ALVARADO, Mario, VELASQUEZ VIZA, Owal, ARIZACA AVALOS, Américo y HUISA MAMANI, Fidel. Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque - Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería* [online]. 2019. Vol. 4, no. 2, p. 43–57. Available from: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522019000200004&lng=pt&nrm=iss&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000200004&lng=pt&nrm=iss&tlng=es)
12. CERVANTES NEIRA, Joel Jesús y QUITO QUILLA, Samuel Jesús. *Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial*. La Molina, 2019.
13. CANAYO SOLON, Erik Arister. “*Nivel de riesgo de pasivos ambientales en las comunidades nativas de San Cristóbal y Pucacuro ubicadas en la cuenca del río Corrientes. Loreto-Perú. 2016*”. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2017.
14. ROLDÁN ROJAS, Silvia y SALINAS CAPARACHÍN, Gisella. *Propuesta para la gestión de riesgo ambiental en el proceso productivo de la unidad minera minco*. La Molina, 2017.
15. TRUJILLO, Lennin. “*Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica*”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.
16. QUISPE MAMANI, Crispín Zenón. *Evaluación de Pasivos Ambientales Mineros en Mesa de Plata río Hualgayoc - Cajamarca* [online]. Universidad Nacional de Cajamarca, 2019. Available from: [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2987/Tesis\\_completa\\_Ronald\\_Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2987/Tesis_completa_Ronald_Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
17. ORELLANA, Edith y GÓMEZ, Carlos. Riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de yauris, huancayo. *Convicciones*. 2015. Vol. 2, no. 1, p. 26–35.
18. PEASE, Henry y RENGIFO, Marciano. *Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera / LEY N° 28271* . 2 julio 2004. Lima : Congreso de la República.
19. CHAPPUIS CARDICH, María. *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú* [online]. Santiago : Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019. [Accessed 25 febrero 2021]. Available from: [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)
20. CONACAMI PERU. *La invasión de nuestros territorios*. Lima, 2009.
21. MORALES QUILLAMA, Vilma. *Estándares de Calidad Ambiental para suelo*. Lima, 2015.
22. FAO & ITPS. *Status of the World’s Soil Resources (SWSR) - Main Report - Main Report* [online]. Rome, Italy, 2015. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>
23. FAO. *La contaminación del suelo: una realidad oculta* [online]. Roma, Italia, 2019. [Accessed 7 abril 2021]. Available from: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
24. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*

- [online]. 2017. Perú. ISBN 9780778576914. Available from: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS\\_011-2017-MINAM.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017-MINAM.pdf)
25. MINAM. *Guía para el muestreo de suelos*. Lima, 2014.
  26. FUENTEALBA D. Beatriz. *Humedales y Cambio Climático, Bofedales: características y su importancia frente al cambio climático*. 2019.
  27. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.4 en línea]. [online]. 2020. [Accessed 26 febrero 2021]. Available from: <https://dle.rae.es>
  28. CRQ. *Glosario de términos ambientales*. [no date].
  29. SÁNCHEZ CARLESSI, Hugo y REYES MEZA, Carlos. *Metodología y Diseño en la Investigación Científica*. Lima - Perú : Edit. Mantaro, 1998.
  30. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la Investigación*. 6<sup>o</sup> edición. MxGraw-Hill, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
  31. CESEL INGENIEROS. *Estudio de Impacto Ambiental del proyecto: "Central Hidroeléctrica Chilia"*. 2015.
  32. FISCHHOFF, Baruch. *Acceptable Risk: A Conceptual Proposal\** [online]. 1994. [Accessed 9 mayo 2021]. Available from: <https://scholars.unh.edu/risk>
  33. LOYOLA, ZEVALLOS Thalía Consuelo, y QUINTANA AYAS André. *Informe de la visita técnica a la ex planta concentradora de Yauris y a la planta piloto de Yauris - UNCP* <https://pdfcoffee.com/informe-de-vista-tecnica-a-la-ex-planta-y-a-la-planta-piloto-de-yauris-pdf-free.html>
  - 34.- GUNNAR F. Nordberg. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo Metales: propiedades químicas y toxicidad* <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Sumario+del+Volumen+II/2e8604fd-2b20-4982-9808-ad71b6469914>

## **ANEXOS**

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el nivel de riesgo ambientales generado por el pasivo ambiental minero en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo 2021?</p> <p><b>Problema Específicos.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál será el nivel de riesgo a la salud del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?</li> <li>2. ¿Cuál será el nivel de riesgo de la calidad ambiental del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?</li> <li>3. ¿Cuál será el nivel de riesgo en el entorno socioeconómico del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021?</li> </ol>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el nivel de riesgo ambiental generado por el pasivo ambiental en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, 2021</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar el nivel de riesgo a la salud del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.</li> <li>2. Determinar el nivel de riesgo de la calidad ambiental del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.</li> <li>3. Determinar el nivel de riesgo en el entorno socioeconómico del pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General</b> El riesgo ambiental generado por el pasivo ambiental minero ubicado en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo es alto.</p> <p><b>Hipótesis específica</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existe un nivel de riesgo alto a la salud generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021</li> <li>2. Existe un nivel de riesgo alto a la calidad ambiental generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021</li> <li>3. Existe un nivel de riesgo en el entorno socioeconómico generado por el pasivo ambiental minero que se encuentran en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo 2021.</li> </ol>	<p>Metodología General</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aplicada</li> </ul> <p>Metodología Específica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cualitativo</li> </ul> <p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ No experimental</li> </ul> <p>Nivel de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Descriptivo</li> </ul> <p>Diseño de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Diseño Transversal</li> </ul>

## Anexo 2. Evidencias fotográficas

### Muestras de suelo



### Puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía de la visita del lugar

Evidentes rastros de contaminación en la zona de estudio



Vista desde la Ex Planta Metalúrgica



Obra de Saneamiento cerca de la Zona de estudio



### Anexo 3. Informe de Laboratorio del análisis de la muestra



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



#### INFORME DE ENSAYO N° 151516 - 2021 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : RAFAEL VLADIMIR CERVANTES ROSAS  
**DOMICILIO LEGAL** : JIRÓN ABTAO N° 1773 - HUÁNUCO - PERÚ  
**SOLICITADO POR** : RAFAEL VLADIMIR CERVANTES ROSAS. DNI: 22511769  
**REFERENCIA** : "EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS GENERADOS POR PASIVOS AMBIENTALES EN EL DISTRITO DE EL TAMBO, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2021".  
**PROCEDENCIA** : EX PLANTA METALÚRGICA YAUKIS  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2021-04-06  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2021-04-13 AL 2021-04-15  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2021-04-05  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Metales: Aluminio, Antimonio, Arsénico, Boro, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc.	EPA 3050-B (1995) / Method 200.7 Rev. 4.4 EPHC - Version (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

Ing. Mario Teilo Paucar  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219624  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS  
 WORKING  
 FOR YOU

**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados analíticos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para confirmar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables podrán ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

INFORME DE ENSAYO N° 151516 - 2021  
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2021-04-05	2021-04-05	2021-04-05
Hora de inicio de muestreo (h)	13:19	13:45	14:32
Coordenadas	474838E	474711E	474488E
Coordenadas	8666251N	8666282N	8666191N
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	PARCELA 01	PARCELA 02	PARCELA 03
Código del Laboratorio	21040197	21040198	21040199
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultado
<b>Metasles totales</b>			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	68.4
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	5911.2
Arqueico (As)	0.2	mg/kg	2310.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	153.3
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	0.21
Cálcio (Ca)	3.1	mg/kg	35220.3
Cromo (Cr)	0.2	mg/kg	17.5
Cobalto (Co)	0.2	mg/kg	3.22
Cobre (Cu)	0.2	mg/kg	13.30
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	515.7
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	>40000
Plataino (Pt)	0.1	mg/kg	5.3
Plomo (Pb)	0.2	mg/kg	1510.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	6.7
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	2010.3
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	347.86
Níquel (Ni)	0.2	mg/kg	1.7
Níquel (Ni)	0.2	mg/kg	479.3
Selenio (Se)	0.07	mg/kg	3.58
Sodio (Na)	0.2	mg/kg	2333.6
Antimonio (Sb)	0.05	mg/kg	9932.03
Selenio (Se)	0.02	mg/kg	68.5
Estadío (Sn)	0.1	mg/kg	<0.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	16.8
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	59.8
Talio (Tl)	0.1	mg/kg	181.53
Vanadio (V)	0.1	mg/kg	3.0
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	19.69
			4256.3

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultado de suelo reportados en base seca.

17025

Lima, 19 de Abril del 2021

EXPERTS WORKING FOR YOU

DISCLAIMER: • Este perfil de la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán analizadas de acuerdo al protocolo de posibilidad del parámetro analizado con un retraso de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego de esto eliminadas. • Para comprobar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación o variación, hecho o liberación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables serán procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.  
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1965 Urb. Chacra Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Chorrada Malto de Turmer N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-8885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cod. PI 002 / Versión 05 / FE: 06/2020

Página 2 de 2

## Anexo 4. Pendientes entre tramos

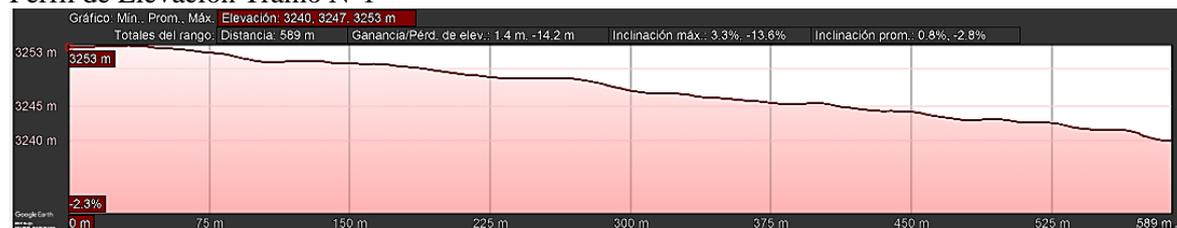
**Tabla 21**

Detalle del Tramo N°1

Desde	Altura	Hasta	Altura
Mariátegui y Huancavelica	3253 msnm	Mariátegui y Los Bosques	3240 msnm

**Figura 31**

Perfil de Elevación Tramo N°1



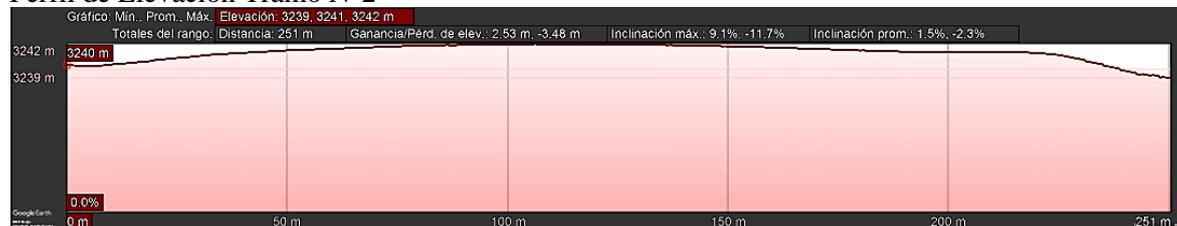
**Tabla 22**

Detalle del tramo N°2

Desde	Altura	Hasta	Altura
Mariátegui y Los Bosques	3240 msnm	Los Bosques y Francisco Bolognesi	3239 msnm

**Figura 32**

Perfil de Elevación Tramo N°2



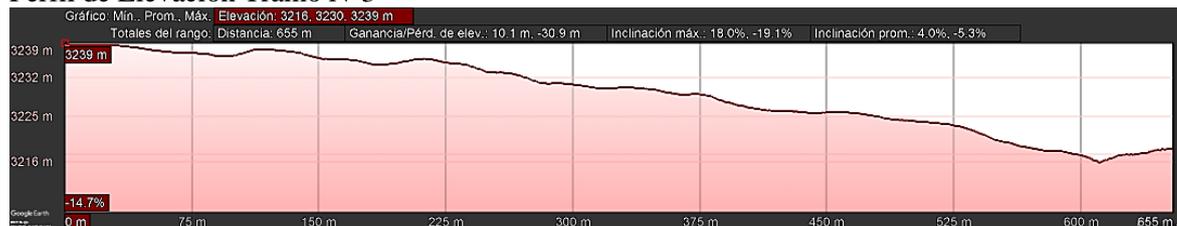
**Tabla 23**

Detalle del tramo N°3

Desde	Altura	Hasta	Altura
Los Bosques y Francisco Bolognesi	3239 msnm	Ex Planta Metalúrgica Yauris	3219 msnm

**Figura 33**

Perfil de Elevación Tramo N°3



## Anexo 5. Detalles de las parcelas

**Tabla 24**

Detalle de la Parcela I

PARCELA I			
PERÍMETRO	ÁREA		
989 m	46, 536 m <sup>2</sup> ≈ 4.65 ha		
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
ZONA 18 L			
	ESTE	NORTE	
01	474815.00 m	8666229.00 m	3213 msnm
02	474957.46 m	8666076.06 m	3216 msnm
03	474991.05 m	8666096.36 m	3219 msnm
04	475037.98 m	8666233.48 m	3237 msnm
05	474972.34 m	8666294.37 m	3236 msnm
06	475063.11 m	8666362.01 m	3238 msnm
07	475022.58 m	8666429.80 m	3233 msnm
08	474854.18 m	8666318.53 m	3222 msnm

**Figura 34**

Parcela I



**Tabla 25**  
Detalle de la Parcela II

PARCELA II			
PERÍMETRO	ÁREA		
345 m	5,310 m <sup>2</sup> ≈ 0.53 ha		
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
ZONA 18 L			
	ESTE	NORTE	
01	474805.00 m	8666240.00 m	3211 msnm
02	474818.00 m	8666286.00 m	3217 msnm
03	474784.00 m	8666278.00 m	3212 msnm
04	474728.00 m	8666310.00 m	3205 msnm
05	474692.00 m	8666267.00 m	3200 msnm
06	474722.00 m	8666236.00 m	3201 msnm
07	474786.00 m	8666257.00 m	3208 msnm

**Figura 35**  
Parcela II



**Tabla 26**  
Detalle de la Parcela III

PARCELA III			
PERÍMETRO	ÁREA		
901 m	44,829 m <sup>2</sup> ≈ 4.48 ha		
PUNTO	COORDENADAS UTM		COTA
ZONA 18 L			
	ESTE	NORTE	
01	474570.30 m	8666427.72 m	3202 msnm
02	474473.17 m	8666362.95 m	3195 msnm
03	474424.21 m	8666104.10 m	3193 msnm
04	474690.61 m	8666266.16 m	3200 msnm

**Figura 36**  
Parcela III

