



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA
HALCÓN SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL, MICROCUENCA
PASACANCHA - 2023

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Alejos Gonzalez, Waldemar Cleyson

Asesor:

Gómez Escriba, Benigno Paulo

ORCID: 0000-0003-3829-8909

Jurado:

Vega Ventosilla, Violeta

Altez Rodriguez, José Felix

Bedoya Gomez, Ilse

Lima - Perú

2024



RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HALCÓN SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL, MICROCUENCA PASACANCHA - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	minsus.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	issuu.com Fuente de Internet	1%
6	repository.eclac.org Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	WSP PERU S.A.. "EIA-SD del Proyecto de Exploración Minera Racaycocha Sur-	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HALCÓN

SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL, MICROCUENCA PASACANCHA -

2023

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Alejos Gonzalez, Waldemar Cleyson

Asesor:

Gómez Escriba, Benigno Paulo
(ORCID: 0000-0003-3829-8909)

Jurado:

Vega Ventosilla, Violeta

Altez Rodriguez, José Felix

Bedoya Gomez, Ilse

Lima – Perú

2024

Dedicatoria

A mis queridos y amados padres Nemecio Alejos y Etelvina González, que sin importar las limitaciones y adversidades, guiados por el amor y la tenacidad, se aventuraron en la empresa de brindarme una educación.

A mis hermanos Edwin, Rosmeri, Denis y Juler, por acompañarme siempre en cada paso y sobre todo ser maravillosas personas.

Agradecimiento

A Dios, por su infinita bondad y misericordia que siendo todopoderoso se compadece y nos protege en todo momento.

A mi querida alma mater, Universidad Nacional Federico Villarreal, en especial a la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo (FIGAE), por proveerme de conocimientos para mi desempeño profesional.

A mi asesor, Mg. Benigno Gómez Escriba, por haber sido el soporte intelectual y guía para superar el control de calidad del presente trabajo.

A mis padres Nemecio y Etelvina; mis hermanos Edwin, Rosmeri, Denis y Juler, por ser la fuente de afecto y brindarme el apoyo en todas sus formas.

A mis tíos Gilber y Manuel, mis tías Sonia y Nelly, personas extraordinarias y admirables que de manera generosa participaron activamente en todo el proceso de mi formación académica.

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Descripción y formulación del problema	19
1.1.1. Descripción del problema.....	19
1.1.2. Formulación del Problema	23
1.2. Antecedentes.....	23
1.2.1. Internacionales	23
1.2.2. Nacionales	27
1.3. Objetivos.....	35
1.3.1. Objetivo General	35
1.3.2. Objetivos Específicos.....	35
1.4. Justificación	36
1.4.1. Importancia.....	40
1.5. Hipótesis	41
II. MARCO TEÓRICO	42
2.1. Riesgo Ambiental	42
2.1.1. Peligro	42
2.1.2. Daño ambiental	43
2.2. Evaluación del riesgo ambiental.....	43
2.3. Pasivos Ambientales.....	44
2.3.1. Los Pasivos Ambientales Mineros (PAM).....	44

2.3.2. Tipos de Pasivos Ambientales Mineros	46
2.3.3. Impactos de los Pasivos Ambientales Mineros	47
2.4. Cierre de Pasivos Ambientales Mineros.....	51
2.4.1. Plan de cierre de pasivos ambientales mineros	51
2.4.2. Etapas para el cierre de pasivos ambientales mineros.....	51
2.5. Marco Legal.....	53
III. MÉTODO	55
3.1. Tipo de Investigación	55
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	56
3.2.1. Ámbito temporal	56
3.2.2. Ámbito espacial.....	57
3.3. Variables.....	60
3.4. Población y muestra.....	61
3.4.1. Población.....	61
3.4.2. Muestra.....	61
3.5. Instrumentos	64
3.5.1. Materiales y equipos de gabinete	64
3.5.2. Materiales y equipos de campo	64
3.5.3. Software	65
3.6. Procedimientos	65
3.6.1. Ejecución del diagnóstico de la calidad del agua superficial en la zona de estudio.....	66
3.6.2. Estimación del nivel de riesgo ambiental ocasionado por pasivos mineros	66
3.6.3. Formulación del procedimiento para llevar a cabo la remediación de PAM que generan riesgos significativos.....	68

3.7.	Análisis de datos	68
3.7.1.	Estimación del riesgo ambiental	69
IV.	RESULTADOS	82
4.1.	Ubicación del área de estudio	82
4.2.	Verificación y análisis de pasivos mineros de la Ex Unidad Minera Halcón..	82
4.2.1.	Evaluación preliminar	83
4.2.2.	Salida a campo	94
4.3.	Estimación del Riesgo Ambiental	110
4.3.1.	Evaluación del Riesgo Ambiental	110
4.4.	Procedimiento para llevar a cabo la remediación de PAM que generan riesgos significativos	230
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	238
VI.	CONCLUSIONES.....	244
VII.	RECOMENDACIONES	247
VIII.	REFERENCIAS	251
IX.	ANEXOS.....	261

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de PAM.....	46
Tabla 2 Efectos Asociados a los PAM.....	47
Tabla 3 Centros Poblados en la Microcuenca del Río Pasacancha.....	59
Tabla 4 Variables de Estudio	61
Tabla 5 Pasivos Ambientales Mineros de la EUM Halcón (Área de Estudio)	62
Tabla 6 Rangos de Estimación Probabilística.....	69
Tabla 7 Formulario Para la Estimación de la Gravedad de las Consecuencias	70
Tabla 8 Factor de Cantidad	71
Tabla 9 Factor de Peligrosidad.....	72
Tabla 10 Factor Extensión	73
Tabla 11 Factor de la Población Potencialmente Afectada.....	73
Tabla 12 Factor de Extensión.....	74
Tabla 13 Calidad del Medio.....	75
Tabla 14 Patrimonio y Capital Productivo (Pcp).....	76
Tabla 15 Valoración de los escenarios identificados y la puntuación de la gravedad de las consecuencias	77
Tabla 16 Establecimiento del Nivel de Riesgo en la Escala de Significancia del Riesgo Ambiental.....	80
Tabla 17 PAM de la Ex Unidad Minera Halcón Reconocidos en Campo (Área de Estudio).....	96
Tabla 18 Puntos de Muestreo en los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que Generan Drenaje y/o Afectan Cuerpos de Aguas Superficiales	101

Tabla 19	Análisis de los Parámetros Obtenidos.....	108
Tabla 20	Peligros Reconocidos en los Entornos Humano, Natural y Socioeconómico	111
Tabla 21	Criterios de Reconocimiento de las Fuentes de Peligro.....	112
Tabla 22	Descripción del Suceso Iniciador en los Entornos.....	115
Tabla 23	Formulación de Escenarios del Entorno Humano	116
Tabla 24	Formulación de Escenarios del Entorno Natural	118
Tabla 25	Formulación de Escenarios del Entorno Socioeconómico.....	120
Tabla 26	Valoración de la Probabilidad.....	121
Tabla 27	Estimación del Factor de Cantidad Para el Entorno Humano.....	123
Tabla 28	Estimación del Factor de Peligrosidad Para el Entorno Humano	129
Tabla 29	Estimación del Factor de Extensión Para el Entorno Humano	131
Tabla 30	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-38.....	133
Tabla 31	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-30.....	135
Tabla 32	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-5.....	137
Tabla 33	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-1	139
Tabla 34	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-7.....	141
Tabla 35	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-14.....	143
Tabla 36	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-17.....	145
Tabla 37	Estimación del Factor de Cantidad Para el Entorno Natural	148
Tabla 38	Estimación del Factor de Peligrosidad Para el Entorno Natural.....	155
Tabla 39	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-38	158
Tabla 40	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-30	160
Tabla 41	Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-5	162

Tabla 42 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-1	164
Tabla 43 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-7	166
Tabla 44 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-14	168
Tabla 45 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-17	170
Tabla 46 Factor de Cantidad Para el Escenario de Riesgo Social	173
Tabla 47 Factor de Cantidad Para el Escenario de Riesgo Económico	174
Tabla 48 Factor de Peligrosidad Para el Escenario de Riesgo Social	175
Tabla 49 Factor de Peligrosidad Para el Escenario de Riesgo Económico.....	176
Tabla 50 Valoración de la Peligrosidad en el Entorno Socioeconómico	176
Tabla 51 Estimación del Capital Productivo Para el Entorno Socioeconómico	177
Tabla 52 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-38	178
Tabla 53 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico para el PAM-30	179
Tabla 54 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-5	180
Tabla 55 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-1	181
Tabla 56 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-7	182
Tabla 57 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-14	183

Tabla 58 Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-17	184
Tabla 59 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Humano.....	186
Tabla 60 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Natural.....	187
Tabla 61 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Socioeconómico	188
Tabla 62 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Humano.....	189
Tabla 63 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Natural.....	190
Tabla 64 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Socioeconómico	191
Tabla 65 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Humano.....	192
Tabla 66 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Natural	193
Tabla 67 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Socioeconómico	194
Tabla 68 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Humano.....	195

Tabla 69 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Natural	196
Tabla 70 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Socioeconómico	197
Tabla 71 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Humano	198
Tabla 72 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Natural	199
Tabla 73 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Socioeconómico	200
Tabla 74 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Humano	201
Tabla 75 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Natural.....	202
Tabla 76 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Socioeconómico	203
Tabla 77 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Humano	204
Tabla 78 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Natural.....	205
Tabla 79 Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Socioeconómico	206
Tabla 80 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38	223

Tabla 81 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30	224
Tabla 82 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5	225
Tabla 83 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1	226
Tabla 84 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7	227
Tabla 85 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14	228
Tabla 86 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17	229
Tabla 87 Resultados Finales de la Evaluación y Priorización de PAM.....	230

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Microcuenca Pasacancha y los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón.....	57
Figura 2 Estimación del Riesgo Ambiental.....	78
Figura 3 Matriz de evaluación del riesgo para la caracterización de los escenarios	79
Figura 4 Mapa Distrital de la Provincia de Sihuas	84
Figura 5 Mapa de Centros Poblados del Distrito de Cashapampa.....	86
Figura 6 Ubicación de la Ex Unidad Minera Halcón.....	90
Figura 7 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Humano	208
Figura 8 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Natural	208
Figura 9 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Socioeconómico....	209
Figura 10 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Humano	210
Figura 11 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Natural	210
Figura 12 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Socioeconómico..	211
Figura 13 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Humano	212
Figura 14 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Natural	212
Figura 15 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Socioeconómico....	213
Figura 16 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Humano	214
Figura 17 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Natural	214
Figura 18 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Socioeconómico....	215
Figura 19 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Humano	216
Figura 20 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Natural	216
Figura 21 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Socioeconómico....	217

Figura 22 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Humano	218
Figura 23 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Natural	218
Figura 24 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Socioeconómico..	219
Figura 25 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Humano	220
Figura 26 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Natural	220
Figura 27 Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Socioeconómico..	221
Figura 28 Fases de la Gestión Integral de Pasivos Ambientales Mineros	231
Figura 29 Esquema del Procedimiento Para Llevar a Cabo la Remediación Ambiental de los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón	236
Figura 30 Etapas Para el Cierre o Intervención Integral Mediante Proyectos de Remediación Ambiental de PAM a Cargo de Activos Mineros S.A.C	237

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar el riesgo ambiental que provocan los pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, provincia de Sihuas - Ancash con fines de priorización para su remediación. Para poder dar cumplimiento con este propósito se hizo uso de la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente y bibliografía adicional recabada; en esa línea la investigación es de tipo aplicada se enmarcó en un diseño no experimental transeccional, el nivel es correlacional causal con un enfoque cuantitativo. Se inició realizando el diagnóstico de la calidad del agua superficial, considerando para ello 14 parámetros (análisis laboratorio). Asimismo, mediante la valoración de la probabilidad y gravedad de las consecuencias se determinó como resultado final de la evaluación, el porcentaje promedio (de los tres entornos) del riesgo ambiental para cada PAM, resultando lo siguiente: El PAM-1 (relaves), PAM-7 (bocamina), PAM-14 (bocamina) y PAM-17 (bocamina) representan un nivel de riesgo significativo, con porcentajes promedios de riesgo de 69 por ciento cada uno. De igual manera el PAM-5 (bocamina), PAM-30 (bocamina) y PAM-38 (tajo) representan un nivel de riesgo moderado con porcentajes promedios de riesgo de 55, 42 y 42 por ciento respectivamente. Por último, se plantea una propuesta de gestión acorde a la normativa que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, con la finalidad de iniciar las acciones pertinentes y poder intervenir los PAM que generen riesgos significativos en la zona.

Palabras claves: pasivo ambiental minero, riesgo ambiental, remediación.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the environmental risk caused by the mining environmental liabilities (PAM) of the Former Halcón Mining Unit on the quality of surface water in the Pasacancha River micro-basin, province of Sihuas - Ancash for prioritization purposes to its remediation. In order to fulfill this purpose, the methodology proposed by the Ministry of the Environment and additional bibliography collected were used; In this line, the research is of an applied type, it was framed in a non-experimental transectional design, the level is causal correlational with a quantitative approach. It began by diagnosing the quality of surface water, considering 14 parameters (laboratory analysis). Likewise, by assessing the probability and severity of the consequences, the average percentage (of the three environments) of the environmental risk for each PAM was determined as the final result of the evaluation, resulting in the following: The PAM-1 (tailings), PAM-7 (pithead), PAM-14 (pithead), and PAM-17 (pithead) represent a significant level of risk, with average risk percentages of 69 percent each. Likewise, PAM-5 (pithead), PAM-30 (pithead) and PAM-38 (pit) represent a moderate risk level with average risk percentages of 55, 42 and 42 percent respectively. Finally, a management proposal is proposed in accordance with the regulations that regulate the environmental liabilities of mining activity, with the purpose of initiating the pertinent actions and being able to intervene in the PAMs that generate significant risks in the area.

Keywords: mining environmental liabilities, environmental risk, remediation.

I. INTRODUCCIÓN

La minería en América Latina siempre ha sobresalido debido a la orogenia que ha dado lugar a cordilleras y montañas, siendo estas formaciones los principales almacenes de minerales en el mundo, por resaltar algunos como el oro, plata, cobre, entre otros. No ha sido uniforme ni equitativo el aporte de la actividad minera al desarrollo social y económico en todos los países en la región, esto debido a una serie de factores sociales, políticos, territoriales y económicos que cada país ha ido atravesando en cada etapa de su historia; pero en todos los casos ha estado ligada a la evolución del sistema capitalista y a sus dinámicas de acumulación. Países como Perú de antigua tradición minera, y que a niveles internacionales se posiciona como uno de los más importantes productores de una gran variedad de metales. Según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2020); el Perú ocupa el primer lugar en producción de oro, plomo, molibdeno, estaño y zinc en Latinoamérica y segundo lugar en producir plata, cobre y zinc a nivel mundial. Por otro lado, los servicios e insumos requeridos por la industria minera cuentan con una amplia disposición de manera local, esto sumado a las ingentes reservas de minerales y una política aún proceso consolidación y mejora, sitúa al Perú en una posición privilegiada para la inversión.

La minería a su vez genera un gran impacto ambiental incluso posterior a sus actividades, dejando un gran número de instalaciones, labores o residuos en abandonado conocidos como Pasivos Ambientales Mineros o PAM, que requieren de una planificación integral a fin de salvaguardar la salud, y el ambiente, representando un enorme desafío en los países mineros. En esta región los PAM constituyen un grave problema no solo en materia ambiental sino también en el aspecto social, ya que gran parte de las localidades muestran una percepción negativa de la minería por las malas prácticas desarrolladas anteriormente, habiendo dejado gran cantidad de pasivos que hasta la fecha no han sido remediados y vienen afectando a las comunidades.

Con la entrada en vigor en 2004 de la Ley 28271 (que regula los pasivos ambientales de la actividad minera; sus posteriores modificatorias y su reglamento) queda definido las competencias, criterios y mecanismos de cómo abordar esta problemática, representando ello un hito en la legislación ambiental minera, ya que por primera vez en cientos de años se cuenta con un instrumento legal para gestionar los pasivos mineros, logrando de esta manera identificar y actualizar el inventario de PAM, determinar la responsabilidad de los mismos, ver el financiamiento (para la remediación o cierre), la fiscalización y acciones complementarias como la reutilización y reaprovechamiento (minería secundaria). Ya centrado el tema de investigación; cabe indicar que, en la región de Ancash, en particular la comunidad de Juan Velasco Alvarado de Pasacancha (en la provincia de Sihuas), operó la ex unidad minera (EUM) Halcón en la década de los 70 aproximadamente y se caracterizó por la extracción de cobre y molibdeno, quedando como rezagos de esta actividad 76 pasivos mineros en la actualidad.

A la fecha, los PAM generados por la EUM Halcón no cuentan con responsable para su remediación, por tal motivo, a fin de coadyuvar para que el Estado asuma tal responsabilidad conforme a la normativa vigente; es que surge esta investigación para poder determinar el nivel de riesgo ambiental en la calidad del agua superficial ocasionado por la presencia de PAM en la localidad de Pasacancha; pudiendo de esta manera, determinar los Pasivos que representan riesgos significativos y por consiguiente requieren una urgente atención. Para la consecución de los propósitos de la presente investigación fue de vital importancia la aplicación de los lineamientos establecidos en la “Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales” del Ministerio del Ambiente (MINAM) que fue publicada en el año 2010. Con fines prácticos en el desarrollo de la investigación, a la citada guía se le denominará en adelante como “*Guía del MINAM (2010)*”, lo mismo que a Pasivos Ambientales Mineros como “*PAM*”.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El desarrollo de la minería en América del Sur en sus distintas etapas, se mantuvo alejada de la variable social y ambiental por muchos años, siendo los principales países productores metálicos Perú, Bolivia, Colombia y Chile, con una participación de la actividad minera muy relevante para el desarrollo de la economía mundial y el crecimiento de su Producto Interno Bruto (PIB), dicha trayectoria evidencia y justifica la presencia de un gran número de minas, instalaciones, incluso grandes cantidades de materiales abandonados conocidos como PAM.

El concepto de PAM, era escasamente conceptualizado y abordado en América del Sur y el Caribe; la necesidad de su gestión y el conocimiento de sus implicancias han crecido cuantiosamente en los últimos años, sin ser ajenos a las políticas ambientales y sociales unidas estrechamente a la minería, todo esto a pesar de la dinámica constante que desafía el desarrollo de este tipo de políticas en el sector. De acuerdo con la Ley N° 28271, en Perú los pasivos ambientales mineros son conocidos como “aquellas emisiones, efluentes, instalaciones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad inactivas o abandonadas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”.

Para Melgarejo (2019), parte de los grandes problemas ambientales en el Perú, lo constituyen los pasivos producidos primordialmente por las pequeñas y medianas compañías mineras, que se venían acumulando durante décadas, debido a la ausencia de una regulación específica; regulándose recién grosso modo en el año 1993 (Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica; D.S N° 016–93–EM) y con más rigor en el año 2004.

En el ámbito nacional, los PAM representan una problemática que se supone como la causa principal de conflictos sociales, esto se ve reflejado en el informe mensual de conflictos sociales de la Defensoría del Pueblo (Julio 2022): Indicando en el mismo, que de los 208 conflictos socioambientales activos y latentes registrados en el mes (julio), el 42.02% (87 casos) corresponde a conflictos vinculados a la minería, siendo Ancash uno de los departamentos que encabeza la lista con mayor cantidad de conflictos reportados. Por medio de la Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM/DM, el Ministerio de Energía y Minas actualizó el Inventario de PAM, resultando una cantidad total de 6903 PAM a nivel nacional, de igual modo las regiones donde existen mayor cantidad de pasivos mineros son Ancash, Cajamarca y Puno.

De acuerdo con Melgarejo (2019), desde el 2006, año en que se publica el primer inventario de Pasivos Ambientales Mineros (PAM), Ancash es una de las regiones que constantemente ha encabezado la lista con mayores cantidades de PAM a nivel nacional. Esta afirmación se puede corroborar con el inventario realizado en el 2022, donde se pudo evidenciar una cantidad considerable de 1161 PAM en todo el ámbito de esta Región, de los cuales solo se ha logrado identificar 95 responsables y de éstos solo 51 cuentan con estudios de impacto ambiental, así mismo estos pasivos ambientales se encuentran distribuidos en ámbitos de 5 cuenca principales como la cuenca del Santa, Alto Marañón, Huarmey, Pativilca y Casma.

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (2019), una de las áreas más afectadas por PAM en la región Ancash, es la microcuenca del río Pasacancha que pertenece a la cuenca del Alto Marañón, donde operó la Ex Unidad Minera Halcón (hasta la década de 1970) principalmente en dos zonas; Pasacancha y el Águila, cuyos pasivos hasta la actualidad no han sido tratados, a pesar de ser calificados como de prioridad muy alta.

De acuerdo con Japan International Cooperation Agency (JICA, 2014) nos señala que; las principales afectaciones son generadas por numerosos desmontes y bocaminas de la zona Pasacancha que se encuentran en las pendientes del pueblo de mismo nombre, especialmente porque se evidencia vertimiento de agua muy ácida que contiene metales pesados y que la población, como medida de salubridad, ha construido un canal artesanal endógeno diseñado con el fin de desviar el flujo de agua contaminada y de esta manera no comprometer a la población y la agricultura, de igual forma a consecuencia de los vientos y las lluvias intensas se acentúa la erosión en la microcuenca (fuertes pendientes) del mismo modo que se esparcen los sedimentos de relaves a las corrientes de agua dulce y los escurrimientos contaminados provenientes de las minas atraviesan el interior de los relaves arrastrando contaminantes hacia el río Pasacancha; aún con lo descrito la información de los puntos críticos para esta microcuenca es limitada.

En consecuencia, conforme a lo reportado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y los datos de la Defensoría del Pueblo, entre las principales fuentes de contaminación, se señala a la existencia de pasivos ambientales, esto refuerza lo que indica la empresa estatal Activos Mineros, que al 2022 se tiene 1153 PAM que han sido jerarquizados en niveles de alto riesgo; estos amenazan el 40% aproximadamente de las cuencas hidrográficas del país y de no ejecutarse medidas urgentes de prevención, mitigación, y/o corrección, no solo para tales efectos de los PAM, sino que, al mismo tiempo la salud y calidad de vida de las personas que habitan en las zonas aledañas, la calidad del ambiente y de los ecosistemas se pondrán o seguirán en riesgo.

Para Sánchez (2019) entre las implicancias ambientales de mayor importancia con relación a la existencia PAM, se tiene, a la afectación por arrastre de material contaminado en el aire, que a su vez puede comprometer la calidad del suelo (facilitando la degradación y erosión

del mismo) y lograr afectar por contacto dérmico, inhalación o ingestión, a personas y animales por contaminación directa, también la formación de drenajes ácidos, tanto por bocaminas, así como por la interacción del escurrimiento superficial con los elementos dispuestos en abandono (desmontes, relaves, etc) que pueden afectar de manera significativa la calidad del agua superficial y subterránea generando la degradación de los ecosistemas hídricos.

Es innegable que las poblaciones que viven en las zonas colindantes con el área afectada por los pasivos pueden verse gravemente amenazadas por inminentes eventos de contaminación; para el caso del presente estudio, principalmente afecta en forma directa a la población del pueblo Pasacancha (494 habitantes; INEI, 2017) e indirectamente a muchos centros poblados situados aguas abajo que hacen uso del recurso hídrico de la microcuenca en mención, por lo que resulta de gran importancia iniciar con las acciones de diagnóstico de la zona y dar a conocer a las autoridades la problemática y los riesgos que vienen generando los 76 PAM identificados por el MINEN en la zona.

En esta coyuntura la presente investigación cuyo principal objetivo, es evaluar el riesgo ambiental ocasionado por los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, para lo cual se aplicará criterios especificados en la guía del MINAM (2010) con el propósito de generar una herramienta útil como producto final, y sea el sustento técnico para que el Gobierno Local o Regional puedan solicitar al MINEM la invocación del interés público con la finalidad de garantizar la futura remediación de los PAM a cargo del Estado. Mediante este mecanismo se podrá intervenir aquellos PAM que generen riesgos significativos a la salud de la población, el medio ambiente y la propiedad.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1 Problema General

¿Cuál es el riesgo ambiental ocasionado por pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha?

1.1.2.2 Problemas Específicos

- ¿De qué forma se llevará a cabo un diagnóstico de la calidad del agua superficial en la zona que comprende el estudio?
- ¿De qué manera se estimará el nivel de riesgo ambiental ocasionado por los PAM provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha?
- ¿Cuál será el procedimiento administrativo a seguir para que la entidad competente se haga cargo de la remediación ambiental de los PAM provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón que presenten niveles altos de riesgo en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacionales

Morejón (2022) desarrolló la evaluación de riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) registrados en el inventario, en la localidad minera de Santa Lucía, minas de Matahambre, para ello se tuvo en cuenta un enfoque sistémico, análisis histórico - lógico, métodos empíricos y teóricos, y por último la Metodología de Evaluación de Riesgos de

la ASGMI, la misma que Cuba ha adoptado. De los resultados para los 14 PAM evaluados, se obtuvo que tres PAM presentan riesgo bajo (21%), cinco PAM riesgo medio (37%) y seis PAM un riesgo alto (42%). Así mismo, los criterios de valoración están ligados a la severidad del peligro del PAM y al índice de importancia (para lo cual se consideró cinco parámetros). Se trabajó también, con el Índice de Dispersión Probabilística de contaminantes tóxicos. Por último, se elaboró un modelo cartográfico de riesgo para los 14 PAM, resultando un trabajo innovador de estimación del riesgo en la zona afectada.

Zamora et al. (2018) propuso una Metodología para la identificación, caracterización y evaluación de riesgos por Pasivos Mineros, con fines de priorización para su posterior remediación. Como actividades complementarias logró la identificación de PAM, por medio de fichas (para recabar información), que posteriormente se usó como insumo para completar matrices de Probabilidad de ocurrencia vs Severidad de consecuencias para cada pasivo, esta valoración se llevó a cabo mediante criterios cualitativos, tanto para el ambiente, la salud y seguridad de la población. Mediante estas acciones se logró establecer la escala de priorización de pasivos que ocasionan impactos o riesgos significativos, así como sus correspondientes medidas de control a implementarse. Como ejemplo del caso de aplicación de la metodología se tomó el área minera de Milluni, llegándose a establecer, que la misma requiere en la actualidad la implementación de medidas urgentes de minimización o mitigación de impactos, dado que viene generando riesgo potencial en la biodiversidad, el ecosistema, la seguridad y salud de la población.

Bareño (2018) analizó los riesgos ocasionados por los pasivos mineros, con la finalidad de plantear una metodología de evaluación a partir de los análisis de avances y de experiencias internacionales en los últimos 20 años, donde aplicó el procesamiento digital de imágenes para ejecutar un análisis histórico de explotación de la mina de carbón en el municipio e identificar sus impactos en el paisaje y en la comunidad. En el área de estudio realizó entrevistas a dos actores claves; al Municipio de Rondón – Boyacá y a los pobladores, mediante las entrevistas se recabó información de los impactos ambientales y antecedentes de explotación minera, alteraciones en los entornos y planificación del Municipio para alcanzar el desarrollo sostenible y sustentable; con la finalidad de identificar y definir variables o categorías para ser consideradas en el análisis integral de los riesgos ocasionados por pasivos. Adicionalmente, aplicó el método de estado, presión y respuesta para construir indicadores ambientales: indicadores de presión, indicadores de estado (flora, fauna, aire, suelo y agua), indicadores de respuesta (esfuerzos privados y públicos). Concluyó que la metodología desarrollada logro permitir el análisis de una forma holística de los riesgos que generan los pasivos, así mismo, que presenta limitaciones en tanto a que no se puede analizar de forma cuantitativa todas las fuerzas motrices que intervienen en el surgimiento de pasivos ambientales mineros.

Retamal (2013) aplicó la metodología técnica legal del Ministerio del Medio Ambiente, el cual considera criterios ambientales y demográficos para realizar el procedimiento de priorización de pasivos ambientales mineros: distancia de la población residente, tipo de uso de los sistemas hídricos, uso de suelo y afectación a ecosistemas sensibles. Visitó los sitios que presentaron mayor prioridad en la evaluación con los criterios mencionados, y aplicó una ficha de inspección con el propósitos de identificar, la presencia de un

potencial riesgo para la población, poniendo una calificación o un puntaje de riesgo relativo preliminar, centrándose en la existencia de una fuente de contaminación, vía de exposición, y personas eventualmente expuestas, lográndose con ello en algunos casos, caracterizar la fuente, la ruta y el receptor; evaluó aquellas variables que formasen parte con ponderaciones basándose en la metodología de la US EPA (1989). Como parte de su resultado logró ordenar en un ranking a 20 pasivos mineros acorde a su potencial peligro, y teniendo en cuenta a factores que influyen en las fuentes de peligro, rutas y receptores que actúan en a cada lugar en particular. Producto de la jerarquización se obtuvo un 72% de jerarquía para la Faena Minera Refimet, que contiene depósitos arsenicales en la localidad de Rungue en Tiltil, configurándose así, como el pasivo con mayor relevancia, y necesidad de atención con estudios más detallados. Así mismo, destacó que la calidad de los resultados usando la metodología, va depender del tamaño del universo de pasivos a analizar y sus características, así como de los conocimientos y experiencia de los profesionales evaluadores, ya que presenta ciertas carencias respecto a criterios bien definidos para determinar las fuentes, rutas y receptores con los que se decida trabajar.

Figuroa (2011) realizó una evaluación preliminar de riesgos medioambientales de faenas mineras paralizadas/abandonadas por medio de SIG en la II región de Antofagasta, Chile. Dentro de este procedimiento el software Expert Choice resultó el más idóneo y apropiado para la realización del AMC, combinando los juicios de influencia/importancia de las 10 variables que consideran el grupo de expertos. Mediante este estudio se profundizó en la comprensión de las FMA/P, haciendo uso para ello de Sistemas de Información Geográfica, ya que es una metodología que se adapta mejor al tratamiento de información territorial y por consiguiente el manejo de grandes cantidades de datos es

más eficaz. Se llegó a la conclusión que es factible obtener como producto un mapa de zonas de riesgo medioambientales haciendo uso de principios de Análisis Multicriterio por medio de un SIG. Por último, en una situación de escasos recursos, el mapa obtenido como resultado del estudio, puede ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en el análisis y priorización de FMA/P. Del mismo modo, posibilitará crear un conocimiento geográfico de mayor calidad, una mejor presentación cartográfica, e identificar áreas de influencia y de riesgos ligados a diversas actividades y procesos.

1.2.2. Nacionales

Campos y Moreno (2022) evaluaron el riesgo ambiental producido por pasivos ambientales mineros en la calidad del agua del río Sihuas (parte baja). Siendo para estos fines las características de la investigación: De tipo aplicada, su nivel explicativo, enfoque cuantitativo y con un diseño no experimental. La revisión bibliográfica, el carácter observacional e hipotético deductivo fueron parte del método usado. El río Pasacancha (afluente del río Sihuas) y el río Sihuas en sí (parte baja) fueron considerados como población para el estudio; en cuanto a la muestra se tuvo tres puntos a ser monitoreados: RPasa1, RPasa2 y RSihu3, puntos ya definidos (ALA de Pomabamba). Para la recopilación de datos se usó la metodología de la guía del MINAM, que considera la evaluación del riesgo en el entorno socioeconómico, natural y humano. Para corroborar las hipótesis se empleó la prueba *t* Student con ayuda del Software SPSS V.16. Se obtuvo como resultados para RPasa1 y RSihu3 en los entornos natural, socioeconómico y humano los promedios porcentuales de 42%, 82% y 82% respectivamente, que como promedio (media aritmética) resulta 68,67%, que expresa un riesgo significativo, además por medio de la prueba *t* se pudo obtener un nivel de significación de 0.2115, que viene a

ser mayor al nivel de significación del 5%, de esta manera queda demostrada o corroborada la hipótesis nula que hace mención al riesgo ambiental significativo como efecto (impacto) de los PAMs. Para el caso del punto RPasa2, se obtuvo el promedio porcentual de 82% para todos los entornos (socioeconómico, natural y humano), no se logró calcular la prueba t por motivos de que la desviación estándar era nula (igual a 0), en ese sentido se utilizó criterios de estadística descriptiva resultando un valor de cero si el promedio porcentual en cada entorno era 10.5% ó 42% y un valor de 1 si era 82%. A razón de que el promedio porcentual en relación a RPasa2 resultó 82%, se le asignó un valor 1, calificándose como riesgo significativo; quedando validada la hipótesis nula de que los riesgos significativos son generados por PAM. Como conclusión queda evidenciado que, en los 3 puntos de monitoreo, los contaminantes presentes, representan un nivel de riesgo ambiental significativo para el agua del río Sihuas (parte baja).

Cervantes y Quito (2019) evaluaron el riesgo ambiental, que es generado por los pasivos mineros en el agua superficial (calidad); se llevó a cabo en el pueblo de San Miguel de Viso, provincia de Huarochirí - Lima. La metodología aplicada siguió la siguiente secuencia: se identificó a los pasivos, ejecución del diagnóstico de la calidad del agua en superficie utilizando para ello como referencia los Estándares de Calidad Ambiental-agua y estimación de la jerarquización o clasificación del riesgo y finalmente priorización de aquellos PAM que constituyan un nivel de riesgo importante, para lo cual utilizó la guía del MINAM (2010), constituyendo como origen de peligros a los PAM que forman drenajes, tal es así, que las sustancias de alta toxicidad que existen en dichos drenajes, representan los escenarios de riesgo para el entorno natural y humano; así mismo, el estudio también abarca al entorno socioeconómico, siendo los escenarios de riesgo para

éste último los conflictos socioambientales y actividades agrícolas. A modo de resultado, se identificaron 20 pasivos en el área evaluada, cuatro de ellos presentaron drenajes en los cuales se ejecutó el diagnóstico de la calidad del agua (agua de superficie) en base a los parámetros: Temperatura, Conductividad Eléctrica, Potencial de Hidrógeno, Sólidos Totales Disueltos, Metales pesados (Fe, Al, Cu, Cd, Mn, As, Zn, Pb, Hg), y sulfatos. Se obtuvo para el entorno socioeconómico dos escenarios de riesgo, para el entorno natural 14 escenarios de riesgo y para el entorno humano 14 escenarios de riesgo; siendo un total de 30 escenarios de riesgo considerados por cada PAM que formaron drenaje. Concluyó que dos de los cuatro pasivos con drenajes; representan un nivel moderado de riesgo (Bocamina (PAS-14) y tolva mineral (PAS-1)) y los otros dos presentan un nivel significativo de riesgo ambiental en la calidad de agua superficial (la bocamina (PAS-16) y depósito de relaves (PAS-8)).

Cuentas et al., (2019) realizó la evaluación de riesgos simplificada por contaminación de los PAM ubicados en la localidad de Condoraque, donde aplicó como metodología base la Evaluación de Riesgo Simplificada (ERS) para todos los PAM. Para la estimación cualitativa de la ERS consideró los siguientes pasos: formulación del problema, identificar los escenarios de peligro consecuentes en un PAM (elementos químicos de alta toxicidad, receptores, vías de exposición y medios de transporte), valoración del índice de probabilidad de incidencia del entorno de peligro, estimar la gravedad de las consecuencias partiendo de la data recopilada en la zona de estudio y evaluar la magnitud del riesgo encontrado, a través de la implementación de una matriz de riesgo. Obtuvo como resultado, 7 pasivos mineros identificados: Rampa San Marcelo, un botadero de desmantele, remanentes de infraestructura y obras civiles, un depósito de relaves, laguna

contaminada de Choquene, bofedal aguas abajo de la laguna Choquene impactado por aguas acidas y la quebrada aguas debajo de la laguna y el cauce del río Choquene. De estos, la bocamina San Marcelo (rampa), laguna Choquene y los bofedales aguas abajo de la laguna presentan un índice de probabilidad y gravedad de las consecuencias ALTO, principalmente por la presencia de drenajes ácidos (pH de 2,7). Concluyó que los tres pasivos mencionados requieren ser complementadas con una ERD (relacionado a la actividad ganadera, fauna acuática y terrestre, bofedales y personas) que permita efectuar un pronóstico cuantitativo de los riesgos existentes de forma individual, para luego ser analizados de manera integral y obtener una predicción numérica o valor más confiable del riesgo total. Para los demás pasivos obtuvo ocurrencias y consecuencias medias, bajas y algunos casos depreciables.

Chacón (2019) determinó la calidad del agua del río San José por medio de parámetros fisicoquímicos, utilizó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental-Agua en la Categoría 3 para Riego de vegetales y bebidas de animales para establecer las variaciones de los parámetros evaluados y analizó los parámetros siguientes: Potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto (OD), metales pesados (Cu, Ag, Br, Al, Cd, Fe, Cr, Mn, Zn, Pb), cianuro, nitrato y sulfato. Evaluó los parámetros en tres puntos de monitoreo a 100 metros aguas arriba del efluente, en la desembocadura de efluente y a 100 metros aguas abajo, obteniendo como resultado alteraciones en el oxígeno disuelto (1.2 mg/l, 1.04 mg/l, 1.25 mg/l), sólidos totales disueltos (946 mg/l, 946 mg/l, 926 mg/l), Bromo (0.1 mg/l, 0.44 mg/l, 0.19 mg/l), Cadmio (0.3 mg/l, 4.3 mg/l, 4.1 mg/l), Manganeseo (0.2 mg/l, 0.5 mg/l, 0.2 mg/l) y Plomo (1 mg/l, 11 mg/l, 14 mg/l), llegando a la conclusión que el río San José viene recibiendo

influencia de la contaminación causada por los PAM abandonados o no controlados por las empresas mineras del distrito de Huayllay, esto expresado en los bajos valores de OD, altas concentraciones de TDS y presencia de trazas de algunos metales pesados (plomo, cadmio, manganeso y bromo).

Salazar (2017) analizó el impacto geoambiental mediante el procesamiento de imágenes LANDSAT en el software ENVI, para la serie de años 1984-2009 y 2015, donde se empleó un diseño del tipo descriptivo para el análisis de firmas espectrales y metódica para establecer los distintos cambios de geomorfología, hidrológicos y vegetación, originados por los PAM y contrastó los distintos puntos tomados con sus correspondientes firmas espectrales, presentó un resultado estadístico, en base a un Data Value (Eje X) y una Frecuencia (Eje Y) trabajados en hojas de cálculo EXCEL, para generar histogramas que caracterizan las firmas. Obtuvo como resultado cambios hidrológicos, geomorfológicos y de vegetación relevantes, principalmente desde el año 1990 en adelante, cuyas bandas de vegetación, geomorfológica e hidrológica de las imágenes satélites presentan un comportamiento de frecuencias en aumento, lo que indica una disminución o desaparición de vegetación, mayor cantidad de suelo húmedo y mayor turbidez en el agua, respectivamente, así también evidenció el crecimiento minero en la zona de estudio, concluyendo que la aplicación de firmas espectrales a las imágenes LANDSAT mediante sensoramiento remoto con ayuda del programa ENVI v.5, han permitido definir los posibles impactos geoambientales de los PAM en la provincia de Hualgayoc y que su importancia se debe al hecho de haber contribuido a la mejora en la interpretación y visión de los cambios geomorfológicos, hidrológicos, y de vegetación.

Villena y Ramírez (2018) aplicaron como herramienta previa, técnicas de teledetección para la identificación de PAM, esto por medio de la interpretación de firmas espectrales en cuerpos de agua superficiales, vegetación y minerales, utilizando imágenes satelitales Landsat 8 WRS-2 del periodo 2016 cuyo barrido lo realizó el satélite Landsat 8 con Path/Row (9/65), para ser procesadas por medio del programa ENVI 5.3. Por otro lado para establecer los niveles de cantidad de vegetación y agua, para este proyecto los autores aparte de las firmas espectrales utilizan el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI), consiguiendo como resultado que los minerales principales presentes en la zona sean: Galena, covelina, calcopirita, pirita, y pirita- limonita, de estos minerales hallados se determinó que existe galena en mayor cantidad y los metales principales contenidos en los minerales fueron: Cobre, hierro y plomo; siendo el hierro el que cuenta mayor presencia, así también se determinó, las áreas donde los PAM han afectado gradualmente el tipo de vegetación presente (9261000, 766000) y (9262000, 775000) y finalmente concluir que los PAM más próximos a cuerpos de agua superficial y que poseerían suelos pobres en relación a la flora, están situados en:, río Arascorque en las coordenadas (9254000, 767000), río Llaucano (9265000, 774000), río El Tingo (9254000, 762000) y el río de la Quebrada (9265000, 772000). Concluyó que, a través de la teledetección y fotointerpretación, fue posible la identificación de las principales áreas o zonas afectadas por PAM que deben ser de mayor prioridad para su remediación ambiental.

Liñán (2017) diseñó un procedimiento de evaluación y priorización de PAM, propone para una apropiada identificación de riesgo ambiental y priorización, la evaluación de parámetros cuantitativos en lugar del procedimiento de la legislación peruana actual que

considera fichas de evaluación cualitativas. Se tomó como base el análisis en laboratorio de muestras de agua y suelo de los pasivos ambientales de la Ex Unidad Minera Cerro Chungar, considerando para el análisis del agua los parámetros de Oxígeno disuelto Temperatura, Conductividad eléctrica, pH, Alcalinidad, Potencial de reducción y metales pesados (Fe, Al, Ni, As, Ca, Zn, Cd, K, Cr, Na, Cu, Pb,) y para el análisis del componente suelo los metales pesados (Pb, As, Cu, Ba, Ni, Cd, Cr, Zn). Tomó 6 muestras de suelo para ser analizados, una en frente a una bocamina, una dentro de la planta de procesamiento, una cerca del depósito de desmonte y a la bocamina, una en la parte superior de la relavera, una en la parte aguas debajo de la laguna Pampa y la última en la parte baja de la relavera; y para el análisis de agua tomó 7 muestras, una en la parte superior de la relavera, una aguas debajo de la laguna Marca Chungar, una en el área de drenaje estancado, una frente al depósito de desmonte, una en la parte baja de la relavera y una aguas debajo de la laguna Pampa, cuyo resultados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (en su categoría 3) y suelo. De los análisis obtuvo que el suelo presentaba concentraciones altas de arsénico y plomo en todos los puntos y de cadmio solo en algunos; en los análisis del agua obtuvo concentraciones elevadas de arsénico en la bocamina, en los demás puntos todos los parámetros estuvieron por debajo de los valores referenciales del ECA - agua. De acuerdo a sus resultados, pudo concluir que bajo la evaluación de muestreos de suelo y agua los resultados de priorización difieren de los que se obtuvieron a partir la evaluación cualitativa (fichas PERCAN) vigente realizada por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en el que se indica que los pasivos de la Ex Unidad Minera Cerro Chungar son de muy alto riesgo.

Rodríguez et al., (2007) evaluó el riesgo ambiental que generan los pasivos ambientales en la cuenca del río Santa, Ancash - Perú. Para lo cual aplicó la metodología de la norma española DIN38414-S4, la cual suministra información sobre los riesgos o efectos adversos para lagos o ríos que pueden producirse cuando los materiales sólidos contaminantes son hacinados o vertidos de manera que puedan entrar en contacto con el agua. Se logró realizar los análisis fisicoquímicos de 20 muestras de residuos de mina y de 10 muestras de agua, considerando los siguientes parámetros: salinidad, potencial de hidrógeno, conductividad, TOC, zinc, cadmio, plomo, níquel, cobre, cromo, mercurio, cromo total, arsénico, índice de fenoles, sulfatos, fluoruros, nitritos, cloruros, cianuros, amonio y AOX. Obtuvo como resultado la identificación de cuatro depósitos de residuos, depósitos de la Mina Alianza (Ticapampa) y los depósitos de la Planta Concentradora Chahuapampa, ambos abandonados desde 1991. Así mismo, los datos analíticos mostraron que el agua y todos los materiales sólidos se caracterizan por que contienen concentraciones altas de metales (Cu, Pb, Cd, Ni, Zn, Mn, As y Cr) que exceden los valores recomendados por la legislación peruana y diversas autoridades internacionales (EC, EPA, OMS). Clasificó a los pasivos ambientales identificados como muy peligroso (Clase III de residuos), de acuerdo a la norma española DIN 38414-S4, concluyendo que el impacto o afectación de las operaciones mineras ocurre no sólo en el área de la mina sino también en las áreas aledañas y que además el riesgo ambiental alto que representan los residuos estudiados se debe a los mecanismos de infiltración de lixiviados y la erosión hídrica.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo ambiental provocado por los pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, región de Ancash, con fines de priorización para su remediación.

1.3.2. Objetivos Específicos

Efectuar un diagnóstico de la calidad del agua superficial comprendida en la zona objeto de la presente investigación.

Estimar el nivel de riesgo ambiental ocasionado por pasivos ambientales mineros en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha, aplicando la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesta por el Ministerio del Ambiente y la bibliografía recabada.

Proponer el procedimiento administrativo a seguir para llevar a cabo la remediación ambiental de los pasivos ambientales mineros provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón que generan riesgos significativos en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha.

1.4. Justificación

Sin duda significó un enorme avance en la gestión de los pasivos ambientales mineros la entrada en vigencia de la Ley N° 28271 en el año 2004, sin embargo; a consecuencia de cientos de años de explotación minera en nuestro país sin regulación alguna, se han ido acumulando gran cantidad de PAM en todo el ámbito de nuestro territorio, teniéndose en la actualidad 6903 PAM (inventario MINEM, 2022) distribuidos en 20 regiones del país, ubicándose la mayor cantidad de estos en el departamento de Ancash (17%; 1 161), seguido de Cajamarca (13%; 917;), Puno (11%; 774) y Huancavelica (11%; 754). Conforme lo menciona el MINEM, de la cantidad total de estos PAM identificados, solo 3 132 (45%) se encuentran gestionados (hay algún tipo de acción encaminada a la remediación); por otro lado, 3 771 (55%) de los pasivos identificados no cuentan con algún tipo de gestión para la remediación; se puede colegir entonces que los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón conforman este último grupo, ya que hasta la fecha no se ha iniciado ninguna gestión en cuanto a su remediación, reutilización o reaprovechamiento.

Las normativas, metodologías y criterios para la evaluación de riesgos ambientales han ido evolucionando paulatinamente en todos los países desde mediados de la década de los 70, a raíz del accidente industrial ocurrido en una ciudad italiana (Seveso); dicho evento dio origen a una nueva perspectiva de la gestión de la seguridad industrial siendo intrínseco el concepto de riesgo en este nuevo enfoque. En el Perú, entre otros instrumentos, se tiene la “Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales” del MINAM (2010), la misma que toma como base, criterios de la Norma UNE 150008-2008 de la Asociación Española de Normalización (AENOR). La Guía en mención conforme lo indica el MINAM; es una herramienta técnica y de aplicación asequible, que sirve de apoyo para la gestión ambiental, tiene gran utilidad para desarrollar y fomentar las evaluaciones ambientales, con el propósito de determinar los niveles

de riesgos que puedan existir en un área geográfica, basados en indicadores básicamente cuantitativos, logrando uniformizar de esta manera criterios y lineamientos en estos procesos de estimación de riesgos durante una evaluación ambiental.

Es importante referir que el Artículo 9º del D.S. N° 059-2005-EM del Reglamento de la ley de gestión de PAM, subraya que la clasificación de los PAM que pudieran representar menor o mayor riesgo debería basarse en una evaluación que incluya a las cantidades de contaminantes, tipos, sus características, químicas, físicas, biológicas o toxicológicas, esto es, en análisis o muestreos específicos y sistemáticos que arrojen datos más reales y precisos respecto a los parámetros que existen y a las amenazas o niveles de riesgo que encarne un Pasivo en relación con otro, los cuales no se vienen realizando por falta de presupuesto, según lo indica la Dirección General de Minería (Instituto Federal de Ciencias Geológicas y Recursos Naturales de Alemania [BGR] y Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional [GIZ], 2018).

Por consiguiente, si bien es cierto el MINEM cuenta con una metodología para priorizar los PAM basada en fichas e información recabada en campo, ésta no resulta eficaz ni eficiente, ya que solamente involucra criterios cualitativos, dejando de lado la inclusión de parámetros cuantitativos medibles para darle mayor veracidad, credibilidad y consistencia a la evaluación de riesgos. En este punto Liñán (2017) en su investigación advierte que los resultados de priorización obtenidos producto de la evaluación de muestreos de suelo y agua difieren de los que se obtuvo mediante la evaluación cualitativa realizada por el MINEM (metodología vigente). Resulta entonces altamente preocupante, que no se estén considerando criterios adecuados en la priorización de PAM, ya que este hecho implica que el presupuesto del Estado asignado para la remediación no estaría siendo destinado de manera eficiente para los PAM que verdaderamente representan riesgos significativos para la salud, el ambiente y la propiedad.

Por otro lado, destacar que se ha logrado avances paulatinos y significativos en la gestión de los PAM, desde la gestación de los primeros proyectos como el Proyecto de Desarrollo Sostenible – PRODES (1996-2000), el Proyecto de Evaluación de Pasivos Ambientales – EPA (2000-2003), publicación de la Ley 28271 en el 2004, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, su reglamento y modificatorias, la publicación del primer inventario de PAM en el año 2006, aprobación de fichas de campo propuestas por el Proyecto de Reforma del Sector de Recursos Mineros del Perú – PERCAN (2009), el último inventario de PAM aprobado por el MINEM en el 2022, los avances en la gestión y remediación de pasivos por la empresa pública Activos Mineros S.A.C (AMSAC) entre otros proyectos, normativas e instrumentos de gestión que han ido surgiendo y actualizándose a lo largo de los años.

A consecuencia de estos logros obtenidos es que se tiene a la fecha 65 proyectos de remediación ambiental en 11 Regiones del Perú a cargo de la empresa estatal Activos Mineros S.A.C; de esta cantidad, 34 proyectos se encuentran en etapa de estructuración, 6 en etapa de estudio, 7 en etapa de ejecución de obra, 10 en etapa de post cierre y 7 en etapa de mantenimiento. En esta línea, por mencionar algunos proyectos tenemos: En la Región Pasco el Proyecto Delta Upamayo y el Proyecto Excélsior con inversiones de S/24.6 y S/ 184.9 millones de soles respectivamente; en la Región Cajamarca el Proyecto Cinco Relaveras El Dorado y el Proyecto la Pastora I con inversiones de S/ 13 y S/ 14.2 millones de soles respectivamente; en la Región Puno el Proyecto Aladino VI y el Proyecto Esquilache con inversiones de S/ 48.7 y S/ 59.5 millones de soles respectivamente; en la Región Lima el Proyecto Acobamba y Colqui con una inversión de S/ 41.6 millones de soles; por último en la Región Junín el Proyecto Túpac Amaru con una inversión de S/ 4.5 millones de soles.

Se evidencia entonces resultados favorables que se han ido dando en el tiempo, así mismo, en el 2014 hubo la intención de remediar pasivos ambientales mineros mediante convenio suscrito entre el Estado Peruano y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), donde se pretendió llevar a cabo la remediación de 7 Ex Unidades Mineras, entre las cuales se encontraba considerada la Ex Unidad Minera Halcón ubicado en la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha en la provincia de Sihuas.

En el contexto descrito y a raíz de que hasta la fecha no se ha efectuado ninguna acción por remediar pasivos mineros en la localidad de Pasacancha por parte del Estado ni entidades privadas u otras organizaciones, es que se solicitó al MINEM información del estado de dicho proyecto; informando al respecto la Dirección General de Minería (DGM) que; efectivamente hubo gestiones con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón para obtener financiamiento vía préstamo para la remediación de los PAM ya descritos; sin embargo, dichas gestiones no se concretaron debido a que los criterios técnicos por parte de los especialistas japoneses, diferían a las normas establecidas en nuestro país en cuanto a la concepción de los proyectos de inversión. Se desprende por tanto que la situación es alarmante ya que a la fecha no existe ningún proyecto encaminado para remediar los pasivos mineros de la EUM Halcón a pesar de que son considerados de alto riesgo por el MINEM y no se ha podido identificar al responsable.

A partir de los argumentos esgrimidos se puede afirmar que la justificación teórica radica en la información generada que contribuirá a dar respuesta a la interrogante principal; ¿Qué nivel de riesgo ambiental generan los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial?, resolviendo con ello el déficit de información de los pasivos ambientales mineros en todo el país y facilitando la generación de data importante para abordar esta problemática.

Para la justificación práctica se puede aseverar que se podrá contar con una herramienta o instrumento técnico, elemental, de gran utilidad y sustento para las futuras gestiones de remediación que pretendan emprender las entidades competentes; se menciona sustento dado que la presente investigación integra parámetros cuantitativos (calidad del agua) en la evaluación del riesgo ambiental, siendo ello conveniente para que el producto final pueda ser adaptado y utilizado como sustento en el proceso de invocación del interés público por el MINEM para la remediación de los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón conforme al artículo 21 del Reglamento de pasivos mineros, siguiendo de esta manera el conducto regular para poder acelerar la atención de los PAM que representen riesgos significativos en la salud de las personas, el ecosistema circundante y las actividades económicas de la zona.

Por último, la justificación metodológica de la presente investigación hace alusión al hecho de contribuir a uniformizar criterios y lineamientos para la estimación del riesgo durante una evaluación ambiental en un área geográfica. Esto debido a que la metodología aplicada (Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM), es de fácil entendimiento y aplicación por parte de los especialistas que realizan evaluaciones ambientales; y siempre se obtendrá resultados confiables ya que se trabaja mayormente con datos cuantitativos (medibles).

1.4.1. Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación se fundamenta en su utilidad como instrumento técnico de aporte significativo en la gestión de los PAM, está dirigido principalmente al Gobierno Regional de Ancash, el cual, en el marco del Artículo 16 del Reglamento en mención, tiene como función promover la constitución de Áreas de Conservación

Ambiental Minera (ACAM), para que los PAM del área de estudio sean remediados de manera voluntaria por titulares diferentes a los responsables de dicha remediación.

Del mismo modo, también será de utilidad al gobierno Local, gobierno Regional, Ministerio del Ambiente, de Salud y Agricultura, ya que según lo advertido en el artículo 21 del citado Reglamento estas entidades están facultadas para solicitar al MINEM la invocación del interés público para la remediación de los PAM que representen riesgos significativos, y éste a su vez pueda encargar a la empresa estatal Activos Mineros S.A.C iniciar con las acciones de remediación; por otro lado, será de mucha ayuda como soporte técnico para las organizaciones que administran y manejan la infraestructura hídrica, juntas de usuarios y población en general de la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha, pues resultan ser socios estratégicos y promovedores para la elaboración de planes conjuntos y para la realización de acciones preventivas a fin de mitigar el impacto generado por la presencia de PAM en la zona.

Por último, la información generada servirá como base para la toma de decisiones en la gestión de los PAM por entidades mayores del gobierno como el MINEM a través de la DGM que tiene como función elaborar, actualizar y priorizar el inventario de PAM e identificar a los generadores responsables; la empresa pública Activos Mineros, por ser la entidad especializada en remediación ambiental minera, el OEFA que controla y fiscaliza las obligaciones ambientales de los responsables generadores y remediadores voluntarios, entre otras entidades involucradas.

1.5. Hipótesis

La calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha está expuesta a riesgos ambientales significativos que son generados por algunos pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Riesgo Ambiental

Para el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010) viene a ser la probabilidad de ocurrencia de que un peligro afecte el ambiente y a su biodiversidad en forma directa o indirecta, en un espacio y tiempo determinado, para lo cual dicho evento puede ser de origen natural o antropogénico (p. 13).

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2005) en relación al riesgo ambiental precisa que viene a ser la posibilidad o probabilidad de que un contaminante pueda producir efectos adversos en los organismos que conforman los ecosistemas, en la calidad del agua o los suelos y en la salud humana, en función de la cantidad que llega entrar en contacto con los potenciales receptores y de sus características (del contaminante), teniendo en cuenta también la intensidad o magnitud de los efectos asociados y la cantidad de individuos, de bienes o ecosistemas que, por razones de la existencia del contaminante, podrían estar siendo o ser afectados en el futuro (p.3).

2.1.1. Peligro

El Ministerio del Ambiente (2012) indica con claridad que el peligro es la probabilidad de que un evento físico dañino potencialmente, de origen antropogénico o natural, se presente en un lugar en particular, con un periodo y frecuencia definidos y una determinada intensidad (p.34).

El Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros de la ASGMI (2020) define a peligro como una situación con potencial de causar daño, o la presencia o surgimiento de una circunstancia que tiene las condiciones de causar daños o pérdidas potenciales (p.15).

JCI Perú y HIDROGEOCOL Ecuador (2019) con fines prácticos definen peligro como la aptitud inherente de uno o varios agentes de estrés, de producir efecto(s) desfavorable(s) cuando las poblaciones, el hombre u otros sistemas están expuestos a él (p.30).

2.1.2. Daño ambiental

El MINAM (2005) puntualiza que se conoce como daño ambiental a todo deterioro físico que sufre el ambiente o cualquiera de sus componentes, que puede ser ocasionado transgrediendo o no disposición jurídica, y que además puede generar impactos negativos en el presente o futuro (p.70).

2.2. Evaluación del riesgo ambiental

El MINAM (2010) considera que la evaluación del riesgo ambiental es el mecanismo mediante el cual se logra definir la existencia o ausencia de una amenaza potencial que comprometa la calidad del aire, suelo o agua, exponiendo la salud humana a peligros, a razón de que se podría entrar en contacto con elementos tóxicos en un determinado lugar, incluyendo los compuestos tóxicos producidos por industrias ajenas al lugar impactado u otra fuente de contaminación (cualquiera sea su origen), y define una magnitud y/o rango para el riesgo (p.13).

También con otro criterio el MINAM (2012) se refiere a la evaluación del riesgo como la evaluación cuantitativa y cualitativa del riesgo para la salud o el ambiente que es producto de la exposición a sustancias o contaminantes químicos o agentes físicos; en este proceso se integran los resultados de la evaluación de la toxicidad con los resultados de la evaluación de la exposición o los impactos para estimar el riesgo (p.28).

2.3. Pasivos Ambientales

El término “pasivo ambiental” según Russi y Martínez Alier (2002) proviene de orígenes empresariales, concretamente en el balance de ejercicio de cualquier empresa en el cual se conoce como pasivo a la acumulación de gravámenes y deudas que tienden a disminuir el activo (p. 2). Entendiéndose por pasivo ambiental, al conjunto de daños al ambiente que no han sido compensados y generados por alguna(s) empresa(s) durante todo el periodo normal de funcionamiento o en situaciones de accidentes, en resumen, son deudas no compensadas a las comunidades situadas en las áreas de influencia.

El Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros de ASGMI (2020) precisan respecto a los PAM, como la suma de daños ambientales, en términos de afectación del del suelo, del agua, del aire, de los ecosistemas y recursos naturales, que son ocasionados por distintas actividades ya sean públicas o privadas, en su desarrollo normal o cuando ocurren sucesos imprevistos en todo el ciclo que dure su actividad, que representen un riesgo permanente y/o potencial para el ecosistema circundante, la salud de las personas, y la propiedad, y que el responsable los haya dejado en abandonado (Ley N° 14343 que regula la identificación de los Pasivos Ambientales, Provincia de Buenos Aires). (p. 14)

2.3.1. Los Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

La Ley N° 28271 (2004) en su Art. 2° define como pasivos ambientales a aquellas emisiones, efluentes, instalaciones, depósitos o restos de residuos generados por actividades mineras, en la actualidad inactivas o abandonadas y que representan un riesgo permanente y potencial para el ecosistema circundante, la salud de las personas, y la propiedad.

Según el Artículo 4 del Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (D.S N° 059–2005–EM), se clasifican a los PAM en:

- Pasivo ambiental minero abandonado: Son aquellos pasivos que, cuando la Ley N° 28271 entró en vigor se encontraban situados en las afueras de una concesión vigente.
- Pasivo ambiental minero inactivo: Se considera a los pasivos que, cuando la Ley N° 28271 entró en vigor, se encontraban situados en concesiones vigentes, en áreas, instalaciones, labores, que se encontraban sin realizar operaciones por un período de dos años o más.

En el marco internacional se tiene las siguientes definiciones para “Pasivo Ambiental” Oblasser (2016); Grupo de Expertos en PAM de ASGMI (2020):

En Chile, según el Manual de Evaluación de Riesgos de Faenas Mineras Paralizadas/Abandonadas (SERNAGEOMIN, 2008) una Faena minera paralizada o abandonada, considerando también a sus residuos, son aquellos que constituyen riesgos significativos para para el medio ambiente y/o para la salud o vida o de las personas.

En Bolivia, de acuerdo con el Decreto supremo N° 24.176, Reglamento General de Gestión Ambiental de la Ley del Medio Ambiente – Ley N° 1.333 (1992) es la suma de impactos negativos perjudiciales para el ambiente o la salud de la población, que son generados por determinadas actividades u obras que se ejecutan en un tiempo determinado. En resumen, problemática ambiental ocasionado por determinadas actividades y que no ha sido solucionados.

En Estados Unidos, se les denomina a cuerpos de agua, tierras o cuencas que han sido dañadas o contaminadas por actividades extractivas (minería), las áreas mineras que han sido abandonadas también incluyen sitios donde la actividad minera es inactiva temporalmente.

2.3.2. Tipos de Pasivos Ambientales Mineros

Para la identificación de PAM que se encuentran ubicados dentro de una ex unidad minera se hace uso de fichas (metodología cualitativa) propuestas por el proyecto PERCAN, aceptadas y aprobadas por Resolución Directoral N° 173–2009–MEM–DGM, en dichas fichas se considera la siguiente clasificación para los PAM, ver tabla N° 1.

Tabla 1

Clasificación de PAM

Tipo	Subtipo
Labor minera	Tajo, pique, chimenea, bocamina, tajeo comunicado, media barreta, trinchera y rampa
Residuos mineros	Material de desbroce, desmonte de mina, escorias, pilas de lixiviación, relaves, residuos de carbón, lodos de neutralización y suelo orgánico.
Otros residuos	Residuos industriales, domésticos y/o de construcción.
Edificaciones infraestructura y otros	Campamentos, oficinas, talleres, caminos, helipuertos, pistas de aterrizaje, líneas férreas, líneas eléctricas, generadores, transformadores, planta de procesamiento, chancadoras, patios de testigo de perforación diamantina.
Sustancias químicas almacenadas o derramadas	Reactivos de proceso, aceites, combustibles, solventes, explosivos, cianuro y reactivos de laboratorio.

Nota. Adaptado de la Resolución Directoral N° 173–2009–MEM–DGM (2009)

2.3.3. Impactos de los Pasivos Ambientales Mineros

Conforme a Oblasser y Chaparro (2008) un PAM en un espacio geográfico representa un riesgo potencial y/o permanente de contaminación al ambiente, de seguridad (para las personas) y riesgo para la salud humana y biodiversidad, así como también el menoscabo de bienes y pérdida de servicios ambientales. El riesgo por contaminación se origina por la presencia de elementos tóxicos como los metales pesados por ejemplo que se encuentran en los desmontes, en los relaves, residuos mineros, y a su liberación al ambiente. Por otro lado, la estabilidad física de algunas labores e instalaciones remanentes hace alusión al riesgo por seguridad.

A continuación, la tabla N° 2 presenta los efectos asociados a algunos tipos de PAM.

Tabla 2

Efectos Asociados a los PAM

Tipos de pasivos	Inestabilidad física	Drenaje ácido	Infiltración	Emisión de polvo	Sedimentos (en agua y suelos)	Riesgo de accidentes
Depósitos de relaves	X	X	X	X	X	
Botaderos de desmonte	X	X	X	X	X	
Botaderos de lixiviación	X	X	X	X	X	
Labores abandonadas	X	X	X			X
Edificaciones e instalaciones				X	X	X

Nota. Tomado de “Los PAM: Diagnóstico y propuestas” (Red de Propuesta y Acción Muqui, 2015)

2.3.3.1 Contaminación de aguas subterráneas y superficiales. La contaminación de aguas subterráneas y superficiales representan uno de los mayores riesgos ambientales que generan los PAM y en algunos casos también tienden a generar el cambio de régimen hidrogeológico y/o hidrológico.

La contaminación del agua se da principalmente por la liberación de sustancias nocivas y tóxicas presentes en labores y residuos mineros sin algún tipo de control o tratamiento; la fuente más importante de estos elementos o sustancias dañinas se originan de forma natural en la roca (pero la actividad minera incrementa estos procesos) y en menor medida también contribuyen en la contaminación los reactivos y sustancias químicas (nitratos, cianuro, ácido sulfúrico, entre otros) usadas en el proceso en sí de extracción de minerales. El riesgo inherente de estos contaminantes y su potencial de liberación dependen de la cercanía a posibles receptores, de aspectos ambientales como el clima, las condiciones específicas del sitio, procesamiento, diseño y operación de extracción, de la gestión de los residuos y la calidad de medidas de mitigación.

Los principales mecanismos de desplazamiento de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales son las aguas de mina, las descargas directas de aguas de proceso, la infiltración y el escurrimiento superficial. Entre los impactos adversos a fuentes de agua superficial se evidencia la degradación de ecosistemas hídricos, reducción del pH, la contaminación del agua potable y descargas superficiales de sedimentos contaminados.

Las aguas superficiales también pueden verse afectadas por procesos erosivos y por la descarga en la superficie de sedimentos contaminados y restos que proceden de los desmontes, tajos abiertos, los tanques de relaves, las pilas de lixiviación, etc. hacia los sistemas hídricos. Una alta concentración de sedimentos que contiene a su vez concentraciones altas de contaminantes

puede producir daños o generar efectos negativos a la biodiversidad acuática. Por mencionar otro de los grandes problemas de contaminación, se da a través de la participación de sulfuros (presentes en labores abiertas y residuos mineros) en la formación de drenaje ácido de mina (DAM) que como ya es conocido estos contienen altas concentraciones de hierro, arsénico y otros metales pesados que tienden a escurrir o infiltrarse a una fuente de agua natural.

La infiltración de aguas superficiales contaminadas juega un papel importante en la perturbación de la calidad del agua subterránea, asimismo, los PAM pueden ocasionar diversos impactos, siendo una de las influencias más notorias cuando las labores de mina llegan y sobrepasan el nivel freático donde queda acondicionado un conducto que da directamente con las aguas subterráneas. Así mismo, los PAM generan un riesgo latente en el régimen hidrológico pudiendo alterarlo, ya que el flujo de agua subterránea puede sufrir cambios juntamente con la fractura de estratos impermeables esto a consecuencia de los socavones realizados y otras labores mineras (Oblasser y Chaparro, 2008).

2.3.3.2 Degradación de la calidad del suelo. Siguiendo a Oblasser y Chaparro (2008) el suelo puede padecer impactos por efectos de la erosión hídrica y/o eólica y otras fuentes contaminantes. La contaminación se produce por las sustancias nocivas provenientes de los PAMs que entran en contacto con el suelo por el agua o el viento, y por el inadecuado manejo de químicos y residuos sobre el suelo, como pilas de lixiviación, relaves, desmontes de mina y otros residuos. La erosión hídrica y eólica aumentan debido al deterioro de la capa vegetal que protege zonas de pastoreo, laderas de cerros, entre otros.

2.3.3.3 Contaminación del aire. De acuerdo con la Red de Propuesta y Acción muqui (2015) en relación a los PAM uno de los problemas principales se da cuando el viento ejerce la

fuerza suficiente para el arrastre o transporte de material particulado que provienen de relaves sin cubierta adecuada, pilas de lixiviación, depósitos de desmontes u otros, que contaminan el suelo y afectan por inhalación, contacto dérmico o ingestión, a las personas y otros seres vivos. La dispersión del material particulado en mención depende de la topografía del lugar, las condiciones del clima, y tamaño de dicho material.

2.3.3.4 Impacto en los seres vivos. Se puede dar la migración incluso la extinción de algunas especies de animales, desaparición parcial o total de plantas y la inserción de nuevas variedades vegetales mediante programas de forestación y reforestación (Brack y Mendiola, 2004).

2.3.3.5 Afectación a la salud humana. La salud se puede ver amenazada por los riesgos de seguridad y de contaminación que pueden provocar los PAM. El riesgo por contaminación se da por la interacción de sustancias tóxicas con los componentes del ambiente como el agua subterránea, el agua superficial, el aire y el suelo, medios de estrecha relación con el hombre.

El uso de agua subterránea y superficial contaminada por PAM, con fines de riego, de recreación o de consumo, implica un riesgo a la salud por el posible contacto dérmico o ingestión. De igual manera, la inhalación de polvos o aire contaminado, o contacto dérmico significa un riesgo importante para la salud. Igualmente, existe el riesgo por la incorporación de contaminantes en la cadena alimenticia. (Oblasser y Chaparro, 2008).

2.3.3.6 Pérdida de bienes y funciones ambientales. Se refiere a la pérdida de suelos, bosques, fuentes de agua o biodiversidad, en ecosistemas donde se encuentran los PAM. Para que una inversión en remediación de medios degradados sea eficiente se requiere llevar a cabo

evaluaciones sociales y ambientales, así como estudios adicionales de valoración económica con la finalidad de cuantificar y compensar los daños (Red de Propuesta y Acción muqui, 2015).

2.4. Cierre de Pasivos Ambientales Mineros

Viene a ser el conjunto de actividades que van a ser ejecutadas (previa planificación) con el propósito de dar cumplimiento con los criterios ambientales correspondientes y alcanzar los objetivos sociales requeridos posterior a la etapa de identificación de pasivos, y la aprobación del Plan de Cierre de PAM (Red de Propuesta y Acción muqui, 2015).

Para el cierre idóneo de PAM es necesario realizar una evaluación minuciosa del lugar impactado, posterior a ello diseñar e implementar distintas medidas como estabilización química, física e hidrológica, demolición, desmantelamiento, lixiviación de metales y tratamiento de drenajes ácidos de mina, rehabilitación o recuperación de terrenos, rehabilitación de hábitats acuáticos y revegetación (MINEM, 2010).

2.4.1. Plan de cierre de pasivos ambientales mineros

Este instrumento de gestión ambiental abarca un conjunto de medidas legales y técnicas destinadas a asegurar el cumplimiento de las metas y objetivos de la remediación ambiental de áreas perturbadas por PAM. Es obligación del responsable la presentación ante la autoridad, de informes semestrales sobre avances de las tareas de remediación hasta que se obtenga el Certificado de Cierre definitivo (MINEM, 2010).

2.4.2. Etapas para el cierre de pasivos ambientales mineros

2.4.2.1 Remediación o Cierre. Implementación de actividades incluidas en el Plan de Cierre que abarca: estabilización geoquímica; hidrológica y física; demoliciones; elaboración de

diseños de ingeniería para el desmantelamiento; investigaciones in-situ para poder realizar una disposición final segura y/o recuperación de materiales aprovechables; restablecimiento de la forma o topografía del terreno; rehabilitación de hábitats acuáticos; revegetación; transferencia de propiedad; rehabilitación de áreas de préstamo; acceso a las tierras; provisiones para garantizar servicios esenciales a la comunidad; entre otros (Red de Propuesta y Acción muqui, 2015).

La remediación es la reparación del daño ecológico o ambiental, logrando disminuir el riesgo a niveles más tolerables. El alcance, intensidad y la forma de la intervención va quedar delimitada en función del tipo y calidad de la evaluación de riesgo efectuada en el lugar impactado o contaminado (MINAM, 2012).

Por último, también se define a la remediación ambiental como la actividad o conjunto de actividades a ejecutarse en un sitio impactado con el propósito de mitigar, reducir o en algunos casos eliminar contaminantes, esto con la finalidad de garantizar la integridad de los ecosistemas y la protección de la salud humana (HIDROGEOCOL y JCI, 2019).

2.4.2.2 Post Cierre. Una vez culminado el cierre se implementa un programa de monitoreo, mantenimiento y seguimiento post cierre, con el objetivo de evaluar su efectividad. En ese sentido el titular o responsable del Plan de Cierre de PAM tiene la obligación de seguir realizando monitoreos, medidas de tratamiento de emisiones y efluentes, vigilancia continua o el mantenimiento que corresponda, acorde al mismo Plan de Cierre que ha sido aprobado por la (s) autoridad (es) competentes por un tiempo de cinco años (período mínimo) posterior al cierre del mismo (Red de Propuesta y Acción muqui, 2015).

2.5. Marco Legal

La normativa peruana en materia de gestión de las minas abandonadas e inactivas, a comparación con los otros países mineros de Latinoamérica, es más completa ya que enfoca sus objetivos no sólo en la remediación, saneamiento o cierre de los componentes, sino que también considera otros aspectos como el financiamiento (siendo el principal el Estado) e incluye a otros actores involucrados en la gestión.

- Constitución Política del Perú.
- Decreto Supremo N° 023– 2021– MINAM; Por medio de la cual queda aprobada la Política Nacional del Ambiente al 2030
- Ley N° 28661; Ley General del Ambiente.
- Ley N° 28245; Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley N° 28090; Ley de cierre de minas, exige se presente un Plan de Cierre y de garantías financieras para su implementación.
- Ley N° 28271; Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera.
- Ley N° 28526; Ley que modifica Art. 5º, 6º, 7º y 8º de la Ley 28271.
- Decreto Supremo N° 059–2005–EM, Que aprueba el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera.
- Decreto Supremo N° 003– 2009– EM, Que modifica el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera aprobado por D.S. N° 059–2005–EM.
- Resolución Ministerial N° 290– 2006– MEM/DM, Aprueba el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros.
- Decreto Legislativo N° 1042, Mediante la cual se modifica la Ley N° 28271.

- Resolución Ministerial N° 136–2010–MEM–DM, Establece los modelos de Convenios de Remediación Voluntaria.
- Resolución Directoral N° 012–2011–MEM/DM, Procedimiento para llevar a cabo la Actualización del Inventario de PAM: Identificación, Caracterización y Priorización de los Pasivos Ambientales Mineros.
- Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, publicada por el MINAM (2010).
- Decreto Legislativo N° 1100; Promueve la participación de Activos Mineros SAC en la remediación de los PAM ocasionados por la minera ilegal.
- Resolución del Consejo Directivo N° 022–2013–OEFA/CD, Que aprueba la Metodología para la estimación del nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos.
- Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de PAM (2010).
- D.S N° 010–2010–MINAM, Límites Máximos Permisibles para la descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero Metalúrgicas.
- D.S. N° 004–2017–MINAM, Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establece Disposiciones Complementarias.
- Decreto Supremo N° 012–2017–MINAM, Aprueba Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados.
- Decreto Legislativo N° 1361, Incorpora la remediación de pasivos ambientales al mecanismo de Obras por Impuestos.
- Resolución Ministerial N° 335–2022–MINEM–DM, Aprueba el Inventario de PAM correspondiente al año 2022.

III. MÉTODO

En el siguiente apartado se describirá los aspectos metodológicos para la presente investigación:

3.1. Tipo de Investigación

El **tipo** de investigación es aplicada, porque la finalidad es mejorar la calidad ambiental y calidad de vida de los pobladores de la zona de estudio (localidad de Pasacancha) para ello se empleará el conocimiento científico y técnico ya desarrollado para abordar esta problemática (contaminación crónica por pasivos mineros); mediante esta acción se generará como producto final información útil que servirá como herramienta de gestión para las acciones futuras de remediación por parte de las entidades competentes, cerrando así la brecha de déficit de información de pasivos ambientales mineros en el país. Según Hernández, Fernández, y Baptista (2010), se enmarca en un **diseño** no experimental transeccional ya que no implica la intervención deliberada en las variables y la información adquirida para realizar el procesamiento y análisis de las variables de investigación corresponde a un momento único, además el fenómeno (pasivos mineros no remediados) será observado y analizado en su ambiente o estado natural sin manipulación alguna. Por el tipo de diseño o **nivel** es correlacional causal, dado que se describen vinculaciones, influencia y asociaciones entre las variables (PAM de la EUM Halcón y el riesgo ambiental en la calidad del agua superficial que estos generan) y se establecen procesos de causalidad entre los mismos en un momento dado. Por su **enfoque** es básicamente cuantitativo, por ceñirse a una metodología cuantitativa del MINAM que incorpora datos medibles en la evaluación (análisis de parámetros de muestreo de calidad de agua superficial).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

El problema que se aborda en el presente trabajo, data desde la década de 1970, año en que la Ex Unidad Minera Halcón, paralizó y abandonó sus operaciones en la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha dejando gran cantidad de pasivos mineros que hasta la fecha no han sido remediados, por ende se recabó información de distintas fuentes de todos los antecedentes vinculantes desde la fecha señalada hasta la actualidad para poder contar con el sustento adecuado para dar cumplimiento con los objetivos propuestos.

Para el desarrollo de la investigación se consideró tres etapas. La primera y tercera etapa implican recopilación, organización y procesamiento de información de forma remota. La segunda etapa consistió en el reconocimiento y levantamiento de información en el área de estudio (dos viajes), microcuenca del río Pasacancha perteneciente a la jurisdicción de la provincia Sihuas, región Ancash.

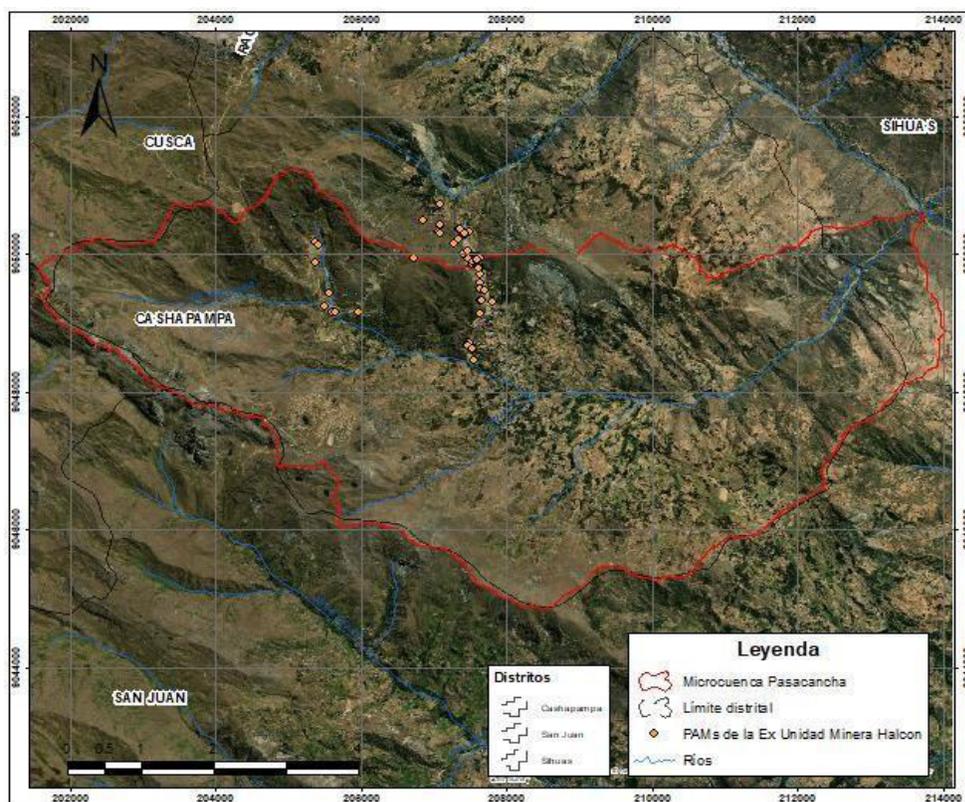
Las tres etapas estuvieron planificadas para llevarse a cabo en un inicio en el período 2021; sin embargo, por algunos inconvenientes presentados solamente la primera etapa se realizó en dicho año; siendo el 2023 el año en el que se ejecutaron las actividades de la segunda y tercera etapa: La segunda etapa (salida a campo) en el mes de mayo (recabar información de campo) y julio (toma de muestra de los PAM que generan drenaje), por último, la tercera etapa (procesamiento de toda la información y culminación de redacción de tesis) se llevó a cabo en agosto, septiembre y octubre.

3.2.2. *Ámbito espacial*

3.2.2.1. Ubicación del área de estudio. El trabajo en curso tiene como prioridad los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que se encuentran ubicados en la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha, siendo las coordenadas del centro poblado $8^{\circ}35'44''\text{S}$ $77^{\circ}39'17''\text{W}$, y que ésta a su vez, se encuentra situada en el flanco izquierdo de la microcuenca del río Pasacancha, políticamente dicha microcuenca se extiende sobre los distritos Cashapampa, Sihuas y San Juan de la provincia de Sihuas, región Ancash. Hidrográficamente la microcuenca pertenece a la cuenca del Alto Marañón, situándose la misma a una altitud que va desde los 2505 m.s.n.m. hasta los 4300 m.s.n.m. y tiene una extensión de 44.12 km². (Ver Anexo C).

Figura 1

Ubicación de la Microcuenca Pasacancha y los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón



Nota. Elaboración en Google Earth con información del MINEM y MINEDU

3.2.2.2. Características del área de estudio. Los sectores de la microcuenca presentan montañas estructurales en roca sedimentaria con una topografía irregular y una pendiente del terreno muy fuerte en las laderas (25° – 45°), se les considera como laderas inestables, propensas a la ocurrencia de derrumbes o deslizamientos. Hay presencia de substratos muy meteorizados, susceptibles a eventos por movimientos en masa y suelos residuales poco y parcialmente saturados por zonas. La cobertura vegetal es regular, con áreas deforestadas por motivos de que los terrenos son usados para la actividad de pastoreo o por la existencia de PAM.

De acuerdo al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico– INGEMMET (2020) la microcuenca del río Pasacancha se caracteriza por presentar precipitaciones pluviales intensas o extraordinarias, que hacen a sus sectores vulnerables a la ocurrencia de deslizamientos principalmente por no contar con un sistema de drenaje pluvial y la ocupación por el hombre en áreas vulnerables. En cuanto a factores tectónicos, es característico de la zona la ocurrencia de sismos.

En cuanto a los centros poblados que se ubican dentro del área de la microcuenca, son 27: Pariashpampa, Porbenir, Pachapucro, Colpapampa, Antaraga, Chayanco, Jerupuquio, Huarauyapampa, Capillapampa, Pasacancha chico, Pauranya, Escalón, Gagachaquin, Capacha, Tucuhuaganan, Huayllapampa, Toro capana, Nuevo amanecer, Pasacancha, Tarabamba alto, Urpaypuquio Chipillo, Mishquiyacu (nuevo progreso), Taclush, Tarabamba, Cochapampa y Antash. A continuación, en la tabla N° 3 se muestra su respectiva población y coordenadas de ubicación.

Tabla 3*Centros Poblados en la Microcuenca del Río Pasacancha*

Nº	Nombre	Categoría	Población	Longitud	Latitud
1	Pariashpampa	Caserío	292	-77.623627	-8.618255
2	Porbenir	Anexo	101	-77.644655	-8.617445
3	Pachapucro	Otros	111	-77.639783	-8.615887
4	Colpapampa	Caserío	239	-77.635913	-8.613973
5	Antaraga	Otros	2	-77.642623	-8.611635
6	Chayanco	Otros	3	-77.626695	-8.608782
7	Jerupuquio	Anexo	33	-77.616932	-8.608762
8	Huarauyapampa	Anexo	65	-77.652873	-8.608212
9	Capillapampa	Anexo	14	-77.647082	-8.60708
10	Pasacancha chico	Anexo	88	-77.638612	-8.606667
11	Pauranya	Anexo	8	-77.637928	-8.604615
12	Escalón	Anexo	28	-77.653128	-8.603897
13	Gagachaquin	Otros	8	-77.62952	-8.603398
14	Capacha	Otros	16	-77.626038	-8.600427
15	Tucuhuaganan	Anexo	15	-77.628615	-8.600133
16	Huayllapampa	Anexo	14	-77.638335	-8.59976
17	Toro capana	Otros	5	-77.604427	-8.59988
18	Nuevo amanecer	Otros	16	-77.667787	-8.598042
19	Pasacancha	Caserío	494	-77.654689	-8.596721
20	Tarabamba alto	Anexo	6	-77.622023	-8.596832

21	Urpaypuquio	Anexo	37	-77.636278	-8.596717
22	Chipillo	Anexo	9	-77.633265	-8.595787
23	Mishquiyacu (nuevo progreso)	Anexo	36	-77.646078	-8.595397
24	Taclush	Anexo	9	-77.675688	-8.59394
25	Tarabamba	Caserío	61	-77.616406	-8.594285
26	Cochapampa	Anexo	0	-77.598997	-8.59316
27	Antash	Anexo	34	-77.631692	-8.585957

Nota. Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), 2017

3.3. Variables

A continuación, se describe las variables de estudio con sus indicadores respectivos:

1. Variable Independiente: Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcón.
2. Variable Dependiente: Riesgo ambiental en la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha.

Tabla 4*Variables de Estudio*

Variables		Indicadores	
Independiente	Pasivos	Labor minera	Unidades
	Ambientales	Residuos mineros	
	Mineros (PAM)	Otros residuos	
		Infraestructuras	
		Sustancias químicas (almacenadas o derrames)	
Dependientes	Riesgo ambiental en la calidad del agua superficial	Temperatura	°C
		Conductividad eléctrica	uS/cm
		Potencial de hidrógeno	adimensional
		Metales totales	mg/L
		Sulfatos	mg/L

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población para el presente estudio, son los 1 161 PAM existentes en la región Ancash, producto de la actividad minera (Resolución Ministerial N° 335–2022–MINEM–DM).

3.4.2. Muestra

El muestreo es de tipo no probabilístico, ya que se eligió de acuerdo al criterio del investigador, siendo de interés los PAM de la EUM Halcón en la microcuenca del río Pasacancha, la cual se ubica dentro la jurisdicción de la provincia Sihuas–Ancash. Se tomó como objeto de estudio estos pasivos ambientales mineros porque, de acuerdo a informes del Ministerio de Energía y Minas, están categorizados como de prioridad muy alta para ser

atendidos y remediados. A continuación, en la tabla se muestra el tipo y las coordenadas de ubicación de los PAM objeto de estudio (Ver Anexo D).

Tabla 5

Pasivos Ambientales Mineros de la EUM Halcón (Área de Estudio)

Nº	Tipo	Subtipo	Este	Norte
1	Residuo minero	Relaves	207543	9048456
2	Residuo minero	Desmante de mina	207527	9048604
3	Infraestructura	Plantas de procesamiento	207535	9048633
4	Residuo minero	Desmante de mina	207464	9048669
5	Labor minera	Bocamina	207477	9048717
6	Residuo minero	Desmante de mina	207628	9049136
7	Labor minera	Bocamina	207625	9049139
8	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205606	9049142
9	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205952	9049155
10	Infraestructura	Generadores y transformadores eléctricos	205634	9049158
11	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205505	9049241
12	Residuo minero	Desmante de mina	207797	9049293
13	Residuo minero	Desmante de mina	207653	9049326
14	Labor minera	Bocamina	207643	9049332
15	Residuo minero	Desmante de mina	205564	9049420
16	Residuo minero	Desmante de mina	207689	9049475
17	Labor minera	Bocamina	207626	9049492
18	Labor minera	Bocamina	207640	9049775

19	Residuo minero	Desmonte de mina	207628	9049705
20	Labor minera	Bocamina	207632	9049712
21	Labor minera	Tajeo comunicado	207610	9049777
22	Labor minera	Bocamina	207605	9049796
23	Labor minera	Tajo	207526	9049797
24	Residuo minero	Desmonte de mina	207532	9049849
25	Labor minera	Bocamina	207526	9049852
26	Labor minera	Chimenea	207532	9049852
27	Labor minera	Bocamina	207542	9049868
28	Residuo minero	Desmonte de mina	207550	9049869
29	Labor minera	Chimenea	207547	9049877
30	Labor minera	Bocamina	205374	9049881
31	Residuo minero	Desmonte de mina	207589	9049897
32	Labor minera	Chimenea	207589	9049899
33	Labor minera	Bocamina	207569	9049902
34	Labor minera	Bocamina	207579	9049902
35	Residuo minero	Desmonte de mina	207596	9049913
36	Residuo minero	Desmonte de mina	207643	9049926
37	Labor minera	Pique	205402	9050116
38	Labor minera	Tajo	205361	9050168

Nota. Tomado del inventario de PAM. Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM/DM

3.5. Instrumentos

3.5.1. *Materiales y equipos de gabinete*

- Cartas nacionales: 18 h.
- Mapas temáticos: Mapa de suelos, Mapa de la Zonificación Ecológica Económica de la Región Ancash, mapa vial distrital hecho por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Mapa Geológico.
- Imágenes Landsat 8.
- Información poblacional.
- Laptop.

3.5.2. *Materiales y equipos de campo*

- Libreta de notas.
- Mapas cartográficos.
- Fichas de campo que permiten identificar los PAM.
- Fichas de registro de evaluación de riesgos.
- Materiales para muestreo de calidad de agua (frascos de polietileno, guantes, preservantes, refrigerante).
- Cooler.
- GPS.
- Termómetro digital, cuya medida es en grados centígrados. Su sensibilidad es de 0.01°C.
- Cámara digital.
- Wincha

3.5.3. *Software*

- ArcGis 10.5: para el procesamiento de información y digitalización de mapas temáticos.
- Google Earth Pro: para delimitación y mejor visualización del área de estudio
- Microsoft Excel: para el procesamiento de información.
- Microsoft Word: para diseño y redacción del informe final de tesis.

3.6. **Procedimientos**

Las actividades de la presente investigación se desarrollaron en tres etapas:

- a) Etapa inicial de gabinete: En esta primera etapa se procedió analizar y sistematizar toda la información y bibliografía existente para la zona de estudio y el estado de los PAM.
- b) Etapa de campo: Consistió principalmente en el reconocimiento de los PAM y sus impactos en el área de estudio, así también se levantó nueva información, con la finalidad de poder corroborar, complementar, confirmar y/o corregir lo planeado en la etapa inicial de gabinete. Se realizaron dos salidas al campo, en la primera se realizó actividades de reconocimiento y definición del área de estudio y de los puntos de muestreo, mientras que en la segunda se realizó las tomas de muestras de agua, encuestas a la población y otras actividades complementarias.
- c) Etapa final de Gabinete: Con la información levantada en campo y los resultados del laboratorio se realizarán los ajustes necesarios y el análisis respectivo de las variables de estudio, así mismo se complementará dicho análisis con revisiones bibliográficas y consultas a expertos profesionales.

A continuación, se describe el procedimiento que se siguió en el desarrollo de la investigación mediante actividades ligadas a cada uno de los objetivos específicos, así también se explicará los métodos o técnicas utilizadas.

3.6.1. Ejecución del diagnóstico de la calidad del agua superficial en la zona de estudio

➤ Identificar adecuadamente en campo los pasivos ambientales mineros que generan drenaje, escorrentía, lixiviados y otros que propician la contaminación de las aguas superficiales, ya que estos son considerados como fuentes de peligro y sobre ellos se desarrolló todo el análisis en la investigación.

➤ Se tomará muestras de agua de los PAM que generan drenaje, para ello cada muestra conseguida en campo será rotulada con un código que distinga al PAM que lo origina, parámetros a ser analizados, número de muestra, fecha y hora, entre otros considerando del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) aprobado mediante R.J. N° 010–2016–ANA

➤ Posterior a ello, las muestras serán llevadas al laboratorio de SGS del Perú S.A.C para que puedan ser determinados los parámetros de interés.

3.6.2. Estimación del nivel de riesgo ambiental ocasionado por pasivos mineros

Para estimar el riesgo ambiental que generan los PAM en la calidad del agua superficial se realizará análisis de muestras de agua, considerando la medición de los principales parámetros que caracterizan a las aguas contaminadas o provenientes de PAM: metales pesados (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Zn), sulfatos, temperatura, potencial de hidrógeno y conductividad. Así

mismo, se evaluará el riesgo ambiental siguiendo los lineamientos de la Guía del MINAM (publicada en el 2010).

Actividades en campo. Abarca las siguientes actividades:

➤ Confirmar y verificar los límites preliminares del área de estudio y los entornos del área de estudio: entorno humano, natural y socioeconómico. (Primer viaje)

➤ Recabar información de las actividades económicas de la zona, población, servicios básicos, infraestructura, antecedentes de empresas mineras, fuentes de agua para consumo y riego, componentes ambientales afectados por contaminación, principalmente cuerpos de agua, además se registrará la situación actual de cantidad, ubicación y tipo de PAM que afectan los cuerpos acuáticos en el formato de recopilación de información de evaluación de riesgos ambientales, sugerido en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente. (Primer viaje)

➤ Redefinir los puntos de muestreo de agua dependiendo de la cantidad de PAM identificados que generen drenajes. (Primer viaje)

➤ Realizar el muestreo de la calidad del agua superficial de los puntos ya definidos para que posteriormente los resultados puedan ser sometidos a tratamiento y determinación de aquellos PAM que generen riesgos importantes. (Segundo Viaje)

Actividades de gabinete. A continuación, se detalla el proceso de las actividades:

➤ Comparar los resultados del análisis de los parámetros de calidad de agua del área de estudio con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 3 (riego

de vegetales y bebida de animales) y subcategoría D1 (Riego de vegetales), en el marco del Decreto Supremo N° 004– 2017– MINAM.

➤ Con la información recabada en campo y los resultados del monitoreo se determinará el nivel de riesgo que generan los PAM en la calidad del agua aplicando la metodología de la Guía del MINAM, la cual comprende la identificación de los peligros en los entornos, determinación de la formulación de escenarios, suceso iniciador, la estimación de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias, y por último la estimación del riesgo ambiental.

➤ Se presentará el resultado final de la evaluación para la priorización de los PAM que vienen generando riesgos significativos.

3.6.3. Formulación del procedimiento para llevar a cabo la remediación de PAM que generan riesgos significativos

➤ Posterior al análisis de los resultados de laboratorio, el análisis de la normativa, la bibliografía recabada y la estimación del riesgo ambiental; se formulará la propuesta de acciones (procedimientos administrativos y técnicos) a llevarse a cabo a fin de lograr en el corto plazo la remediación ambiental de los PAM que presentan riesgos significativos en la zona de estudio.

3.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos en la zona de estudio se usará el software ArcGIS v.10.5, obteniéndose como producto mapas temáticos de interés. Por otro lado, los datos o valores de los 14 parámetros obtenidos del diagnóstico de la calidad del agua en laboratorio, serán comparados con los ECA– agua categoría 3 y sub categoría D1.

Posteriormente, siguiendo la metodología del Ministerio del Ambiente (MINAM) y otros instrumentos normativos y técnicos complementarios, los 14 parámetros (escenarios de riesgo para el entorno humano y natural) serán incluidos en la estimación del riesgo ambiental, trabajándose para ello con un sistema de matrices y empleando en todo este proceso el software Microsoft Excel versión 2019. Cabe acotar que para la valoración del riesgo en el entorno socioeconómico se tuvo a bien considerar como escenario de riesgo a las actividades agrícolas y conflictos socioambientales. Por lo tanto, para poder estimar el riesgo ambiental; el flujo de información y conjunto de datos pasarán por distintas etapas valiéndose de una serie de matrices, tal como se muestra a continuación:

3.7.1. Estimación del riesgo ambiental

3.7.1.1 Estimación de la Probabilidad. Es de mucha importancia que durante el desarrollo de la aplicación de la metodología del MINAM, se atribuya al escenario de riesgo una probabilidad de ocurrencia acorde a las pautas y valores de escala de la tabla N° 6.

Tabla 6

Rangos de Estimación Probabilística

Valor		Probabilidad
5	Muy Probable	Cuando la ocurrencia del escenario puede ser de manera permanente o diaria
4	Altamente probable	Cuando la ocurrencia del escenario puede darse en el período menor a una semana
3	Probable	Cuando la ocurrencia del escenario puede darse en el período menor a un mes
2	Posible	Cuando la ocurrencia del escenario puede darse en el período menor a un año
1	Poco probable	Cuando la ocurrencia del escenario puede darse en un período mayor a un año

Nota. Guía del MINAM (2010)

3.7.1.2 Estimación de la gravedad de las consecuencias. Este procedimiento se llevó a la práctica en los tres entornos; humano, natural y socioeconómico, tal como se muestra en la tabla N° 7.

Tabla 7

Formulario Para la Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno humano	= Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Población afectada
Entorno natural	= Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Calidad del medio
Entorno socioeconómico	= Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Nota. Tomado de la Guía del MINAM (2010). En base a Norma UNE 150008 –2008.

A. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno humano. Se puede afirmar que este cálculo está condicionado a la salud y se establece según la siguiente fórmula:

$$\text{Salud} = C + 2(P) + E_h + \text{Población}$$

Se puede verificar en la fórmula algunos factores no muy comunes; siendo por lo tanto apropiado describir a cada factor, tal como sigue.

a) Cantidad (C)

Este viene definido por la cantidad de sustancia tóxica presente en el entorno; en el presente caso se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en laboratorio, que provienen de las sustancias identificadas en los PAM. De acuerdo a los lineamientos como se indica en la tabla N° 8, se considera dos factores, siendo que el primer factor hace alusión a la cantidad del contaminante presente en el medio o algún componente ambiental y por consiguiente la comparación con el ECA correspondiente, por el

contrario el segundo factor hace referencia a la cantidad del contaminante presente en el medio ambiente tomando en consideración al volumen de infraestructura, residuos u otros que puedan ser reconocidos mediante trabajos in situ. Se muestra la siguiente tabla con valores asignados según lo ya indicado.

Tabla 8

Factor de Cantidad

Cantidad	Componente Ambiental	Infraestructura, residuos u otros	Valor
Muy Alta	Cantidad del contaminante que se encuentre 100% por encima del ECA	Mayor a 500 toneladas	4
Alta	Cantidad de contaminante que se encuentre entre 50% y 100% por encima del ECA.	Entre 50 y 500 toneladas	3
Poca	Cantidad de contaminante que se encuentre entre 10% y 50% por encima del ECA.	Entre 5 y 49 toneladas	2
Muy Poca	Cantidad de contaminante que se encuentre entre 1% y 10% por encima del ECA.	Menor a 5 toneladas	1

Nota. “Metodología para estimar el nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos”. Resolución de Consejo Directivo N° 022–2013–OEFA/CD

Cuando se dé la situación donde se tenga más de dos parámetros contaminantes que sobrepasen el ECA, se tendrá en cuenta el valor más alto que surja de la valoración.

b) Peligrosidad (P)

Viene a ser la propiedad o aptitud inherente de la sustancia y/o contaminante de causar daño (posibilidad de acumulación, toxicidad, bioacumulación, etc) (MINAM, 2010).

En la siguiente tabla se puede ver la distribución de valores según la caracterización de las sustancias.

Tabla 9

Factor de Peligrosidad

Peligrosidad	Peligrosidad (según caracterización)	Valor
Muy Peligroso	Muy Inflamable Muy Toxica Causa efectos irreversibles	4
Peligroso	Explosiva, Inflamable Corrosiva	3
Poco Peligroso	Combustible	2
No Peligroso	Daños leves y reversibles	1

Nota. Guía del MINAM (2010)

Cuando se trata de los valores 3 y 4 solamente es necesario reconocer una característica, y en las situaciones donde se tenga dos o más características de distintos niveles de valoración, se trabajará con el valor más alto de los ya reconocidos.

c) Extensión (Eh)

Según los criterios de aplicación de la Guía del MINAM (2010), en cuanto al entorno humano, el factor extensión está aludido a la longitud que existe entre el PAM y el centro poblado más cercano que potencialmente se vería impactado. En ese orden de ideas se muestran en la siguiente tabla los valores asignados según los criterios de la metodología.

Tabla 10*Factor Extensión*

Extensión	Valor
Presencia de población adyacente, localizada en el mismo lugar del PAM	4
Presencia de población en un radio menor a 0.5 km	3
Presencia de población en un radio de 0.5 a 1 km	2
Presencia de población en un radio mayor a 1 km	1

Nota. “Metodología para estimar el nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos”. Resolución de Consejo Directivo N° 022–2013–OEFA/CD

d) Población (Pobl.)

Este factor depende propiamente de la cantidad de personas que potencialmente se verían afectadas por los riesgos inminentes en la zona, ello considerando un número de personas en un área definida y/o delimitada con antelación. Se aprecia en la siguiente tabla los detalles y pautas de la valoración.

Tabla 11*Factor de la Población Potencialmente Afectada*

Población potencialmente afectada		Valor
Más de 100 personas	Muy alto	4
Entre 50 y 100 personas	Alto	3
Entre 5 y 50 personas	Bajo	2
Menos de 5 personas	Muy Bajo	1

Nota. Guía del MINAM (2010)

En un supuesto que no se encontrara una población potencialmente afectada de manera directa se puede optar por la valoración de puntaje uno.

B. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno natural. Como ya se mencionó en la tabla N° 7 Este procedimiento se realiza como se indica en la fórmula siguiente:

$$\text{Calidad del ambiente} = C + 2(P) + E_n + CM$$

Se puede considerar en este caso las tablas N° 8 y 9 ya que los factores de cantidad y peligrosidad del entorno humano corresponden de igual manera al entorno natural; siguiendo esta secuencia se procede a desarrollar el factor de extensión y calidad del medio.

a) Extensión (En)

Se puede afirmar que el factor extensión hace referencia al área o espacio físico en donde va a tener lugar influencia el impacto, afectando de esta manera el entorno natural o ecológico. Se presenta la siguiente tabla para mayor detalle:

Tabla 12

Factor de Extensión

Extensión		Valor
Radio de impacto mayor a 1km	Muy Extenso	4
Radio de impacto hasta 1 km.	Extenso	3
Radio de impacto menor a 0.5 km	Poco extenso	2
Área afectada	Puntual	1

Nota. Guía del MINAM (2010)

b) Calidad del medio (CM)

La calidad del medio involucra a la cantidad de componentes del ambiente (tales como agua, suelo y/o aire) que puedan ser afectados por alguna fuente contaminante, esto en base a los parámetros definidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar el grado de afectación; no obstante, para los objetivos que se persigue en la presente investigación solamente se valoró al agua superficial como único componente ambiental afectado. Para mayor entendimiento sobre la valoración de la calidad del medio se proyecta la tabla N° 13.

Tabla 13

Calidad del Medio

Calidad del Medio	Valor
PAM que se encuentre afectando dos o más componentes ambientales y dos o más parámetros por componente afectado establecido en el ECA	4
PAM que se encuentre afectando dos componentes ambientales y al menos un parámetro por componente afectado establecido en el ECA	3
PAM que se encuentre afectando un componente ambiental en al menos un parámetro establecido en el ECA	2
PAM que no afecte a los componentes ambientales	1

Nota. “Metodología para estimar el nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos”. Resolución de Consejo Directivo N° 022–2013–OEFA/CD

C. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico.

Consiste en trabajar la valoración del patrimonio social y económico (patrimonio cultural e histórico, ecosistemas frágiles, Áreas Naturales Protegidas, infraestructura, instalaciones

industriales, zonas residenciales y de servicios, actividades agrícolas, pecuarias, apícolas, silvicultura, conflictos sociales, entre otros).

$$\text{Socioeconómico} = C + 2(P) + E_n + Pcp$$

Para los factores de cantidad y peligrosidad su determinación se basa en los reconocimientos en campo de eventos sociales y económicos que se vienen dando en un área geográfica determinada. En cuanto al factor extensión se puede trabajar de manera análoga a la extensión del entorno natural. En ese orden conviene también hacer mención sobre la valoración del patrimonio y capital productivo.

a) Patrimonio y capital productivo (Pcp)

A grandes rasgos y según el enfoque del presente estudio se puede precisar que cuando la totalidad de los parámetros del ECA- agua (Decreto Supremo N° 004- 2017- MINAM) resultan por encima de los valores aceptables, es entonces cuando ocurre la pérdida de un cuerpo receptor. Ver tabla N° 14.

Tabla 14

Patrimonio y Capital Productivo (Pcp)

Patrimonio y capital productivo	Valor	
Letal: Pérdida del 100% del cuerpo receptor. Se aplica en los casos en que se prevé la pérdida total del receptor. Sin productividad y nula distribución de recursos (Cuando el 100% de los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Muy Alto	4
Agudo: Pérdida del 50% del receptor. Cuando el resultado prevé efectos agudos y en los casos de una pérdida parcial pero intensa del receptor. Escasamente productiva recursos (Cuando el 50% los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Alto	3

Crónico: Pérdida de entre el 10% y 20% del receptor. Los efectos a largo plazo implican pérdida de funciones que puede hacerse equivalente a ese rango de pérdida del receptor, también se aplica en los casos de escasas pérdidas directas del receptor. Medianamente productiva recursos (Cuando el 10% y 20% los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Bajo	2
Pérdida de entre el 1% y 2% del receptor. Ésta puede clasificar los escenarios que producen efectos, pero son difícilmente medidos o evaluados sobre el receptor. Alta productividad recursos (Cuando el 1% y 2% los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Muy Bajo	1

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010)

Por último, se puede concluir que, cuando se tiene el escenario de contaminación de agua superficial por distintas fuentes, se procede asignar a la gravedad de las consecuencias en cada entorno una calificación del 1 al 5, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15

Valoración de los escenarios identificados y la puntuación de la gravedad de las consecuencias

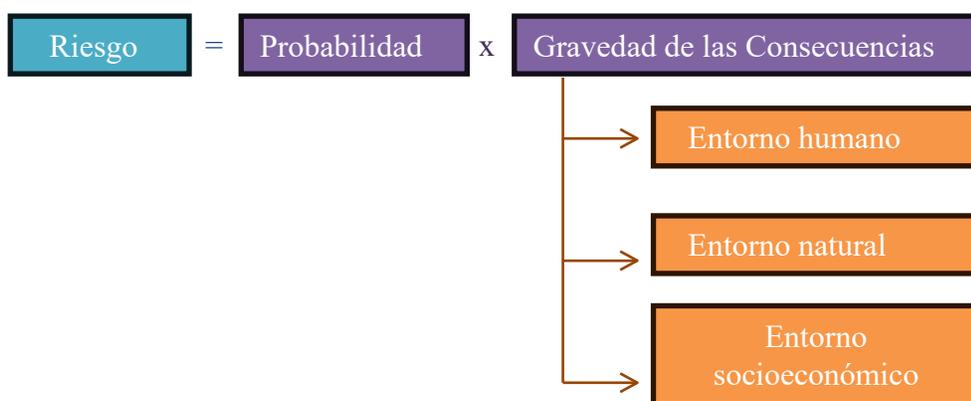
Valor	Valoración	Gravedad (Valor Asignado)
Critico	20 – 18	5
Grave	17 – 15	4
Moderado	14 – 11	3
Leve	10 – 8	2
No relevante	7 – 5	1

Nota. Guía del MINAM (2010)

3.7.1.3 Estimación del riesgo ambiental de los PAM. Para obtener la estimación del riesgo ambiental, basta con realizar el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias; realizando este procedimiento para cada PAM que genere y/o afecte el drenaje en los tres entornos (humano, natural y socioeconómico), tal como se muestra en la Figura N° 2.

Figura 2

Estimación del Riesgo Ambiental



Nota. Guía del MINAM (2010)

Para poder estimar el riesgo ambiental, la tabla N° 16 es de suma importancia en la etapa final para determinar el promedio equivalente de riesgo por cada pasivo en cada entorno, asimismo, durante la evaluación para poder caracterizar mejor los escenarios de riesgo de cada pasivo ambiental minero acorde a la Guía del MINAM se presentará tres tablas de doble entrada, una para cada entorno (humano, natural y socioeconómico), en ese sentido, en la siguiente tabla se aprecia la interpolación de la probabilidad y la gravedad, caracterizando cada escenario para los análisis posteriores dentro del proceso que comprende la estimación de riesgo ambiental.

Figura 3

Matriz de evaluación del riesgo para la caracterización de los escenarios

		Gravedad de las consecuencias				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2	E1				
	3					
	4			E2		
	5					

	Riesgo significativo: 16-25
	Riesgo Moderado: 6-15
	Riesgo Leve: 1-5

Nota. Esta tabla de doble entrada viene a ser una herramienta de gran importancia para representar el grado de significancia del riesgo que proviene de los escenarios de riesgo o cada parámetro en particular, pudiendo con ello tomar medidas urgentes (control, mitigación o remediación) respecto a algún parámetro o escenario de riesgo en particular que represente riesgos significativos; por estos motivos con fines didácticos y de no alterar su estructura (reglas APA) se le considera como figura y no como tabla. Guía del MINAM (2010)

3.7.1.4 Evaluación del riesgo ambiental de los PAM. Considerando la figura N° 3 los escenarios E1 y E2, se clasifican según el color que le corresponde, para el caso en mención se trataría de un riesgo leve y riesgo moderado respectivamente.

Mediante la metodología contemplada en la guía del MINAM, proporciona un panorama más propicio para la toma de decisiones, ya que, al lograrse ubicar los riesgos en la tabla anterior, catalogados como riesgos leves, moderados y significativos; se puede por consiguiente identificar aquellos riesgos que requieren urgente atención para su eliminación o en su defecto su

reducción. La implementación de estrategias, medidas o acciones urgentes recaen en los riesgos críticos, considerados como altos, muy altos o significativos.

Tabla 16

Establecimiento del Nivel de Riesgo en la Escala de Significancia del Riesgo Ambiental

	Valor Matricial	Equivalente porcentual (%)	Promedio (%)
 Riesgo significativo:	16-25	64-100	82
 Riesgo Moderado:	6-15	24-60	42
 Riesgo Leve:	1-5	1-20	10.5

Nota. Guía del MINAM (2010)

3.7.1.5 Caracterización del riesgo ambiental. Es la etapa final de la evaluación del riesgo ambiental, y se distingue, porque el riesgo se analiza en base a los tres entornos (socioeconómico, natural y humano), con anterioridad se calcula el promedio de cada uno expresado en porcentaje, por último, la sumatoria y media de los tres entornos, el cual viene a ser el resultado final y se encuadra en uno de los tres niveles ya establecidos: Riesgo leve, Moderado y Significativo. (MINAM, 2010)

$$CR_{PAMs} = \frac{EH+EN+ES}{3}$$

Siendo:

CR_{PAMs}: Caracterización del Riesgo Ambiental para un PAM

EH: Entorno Humano

EN: Entorno Natural

ES: Entorno Socioeconómico

3.7.1.6 Priorización de los Pasivos Ambientales Mineros. La remediación de todos los PAM en el Perú se hace inviable por el costo que demandaría este proceso, por tal motivo surge la aplicación de la metodología de la evaluación de riesgos ambientales con el propósito de poder determinar los PAM que verdaderamente requieren una atención prioritaria por los altos riesgos que presentan sobre la calidad del agua superficial o cualquier otro componente ambiental.

Como ya se mencionó en la tabla anterior la evaluación de riesgos se realiza a cada PAM y sus escenarios en los entornos humano, natural y socioeconómico, obteniéndose una puntuación por cada entorno considerado, posteriormente se obtiene un promedio (media aritmética de los entornos) del nivel de riesgo ambiental por cada PAM; los valores que se obtienen (niveles de riesgo) por cada pasivo minero se ordenan de manera conveniente, clasificando por último aquellos que generan un riesgo significativo, moderado o leve de ser el caso, tal como se muestra en la tabla N° 16.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha, perteneciente al distrito de Cashapampa, provincia Sihuas, región Ancash.

Hidrográficamente dicha microcuenca de Pasacancha pertenece a la cuenca del Alto Marañón, situándose la misma a una altitud que va desde los 2505 m.s.n.m. hasta los 4300 m.s.n.m. y tiene una extensión de 44.12 km².

Geográficamente el Centro Poblado de Pasacancha de la Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha está localizada en la margen izquierda del río Pasacancha en las coordenadas geográficas -8.594058° de latitud y -77.655731° de longitud, sobre los 3546 m.s.n.m. Políticamente pertenece al distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas.

4.2. Verificación y análisis de pasivos mineros de la Ex Unidad Minera Halcón

A fin de corroborar la información del Inventario de PAM (aprobado con Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM-DM) que se encuentran al interior del área de estudio, se procedió realizar dos viajes a la zona de intervención, siendo el primer viaje para poder verificar, constatar y corroborar toda la información recabada del área preliminar afectada por PAM, pudiendo de esta manera determinar con mayor certeza la cantidad, tipos y ubicación exacta de dichos pasivos que vienen impactando a la fecha cuerpos de agua superficiales y subterráneas, no siendo ajeno a estos impactos las múltiples actividades socioeconómicas que se desarrollan en la Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha, para estos fines se utilizó como herramienta base la ficha de campo de la guía del MINAM (Ver Anexo J: Ficha base de recopilación de información de evaluación de riesgos).

Precisar también que en este viaje quedo definido la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial, y de manera complementaria con la información adquirida se procedió determinar los tipos y cantidad de parámetros de muestreo para su posterior análisis en laboratorio permitiendo todo este procedimiento la caracterización de los PAM en estudio.

El segundo viaje tuvo como objetivo principal llevar a cabo el monitoreo de calidad de agua superficial de los puntos ya definidos en el primer viaje.

4.2.1. Evaluación preliminar

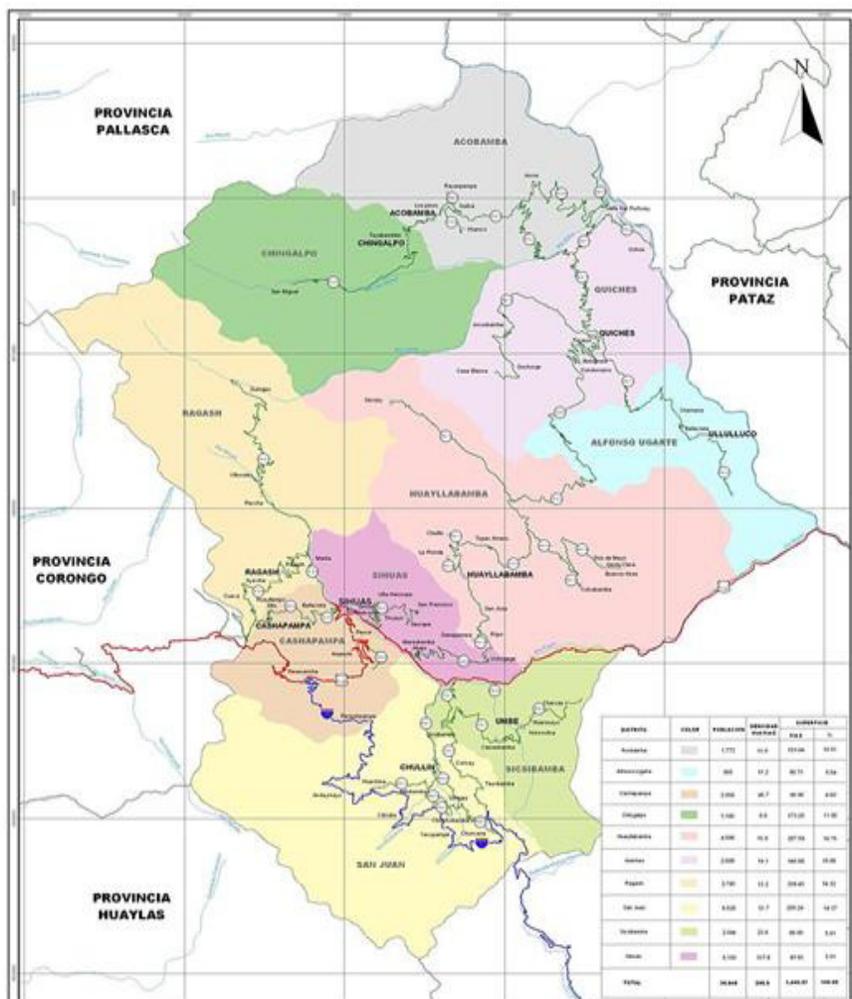
Esta es una de las fases más importantes desarrollada inicialmente donde se recopiló, organizó y analizó toda la información concerniente a nuestro tema de investigación. Para ello una vez culminado todo el trabajo en gabinete, era relevante efectuar un viaje para el reconocimiento en campo y validación de la información, fortaleciendo de esta manera los criterios y lineamientos de evaluación de riesgos.

4.2.1.1 Compilación de información. A pesar de ser limitada la información en cuanto a empresas mineras que han operado anteriormente en la localidad de Pasacancha; se ha logrado recabar información verídica de fuentes confiables y suficiente para los propósitos enmarcados en la investigación, para ello se recurrió a la fuente del MINEM, obteniendo de esta entidad el inventario de PAM entre otros cuerpos normativos e instrumentos de utilidad, también se verificó Estudios de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd) de proyectos mineros de exploración en la zona, asimismo, se usó datos de otras fuentes como el MIDAGRI, ANA, SENAMHI, monitoreos realizados en el área de intervención, data relevante obtenida del portal del GORE Ancash, de la municipalidad provincial de Sihuas y del distrito de Cashapampa.

A. Provincia de Sihuas. La provincia de Sihuas se encuentra situada en el departamento de Ancash– Perú; mencionar también que son veinte provincias que componen este departamento. Respecto a sus límites, por el sur limita con la provincia de Pomabamba, por el norte con la provincia de Pallasca, por el este con el departamento de La Libertad y por el Oeste con la provincia de Huaylas y la provincia de Corongo. Alberga diez distritos y cuenta con una superficie de 1,456 km².

Figura 4

Mapa Distrital de la Provincia de Sihuas



Nota. Gobierno Provincial de Sihuas, 2011

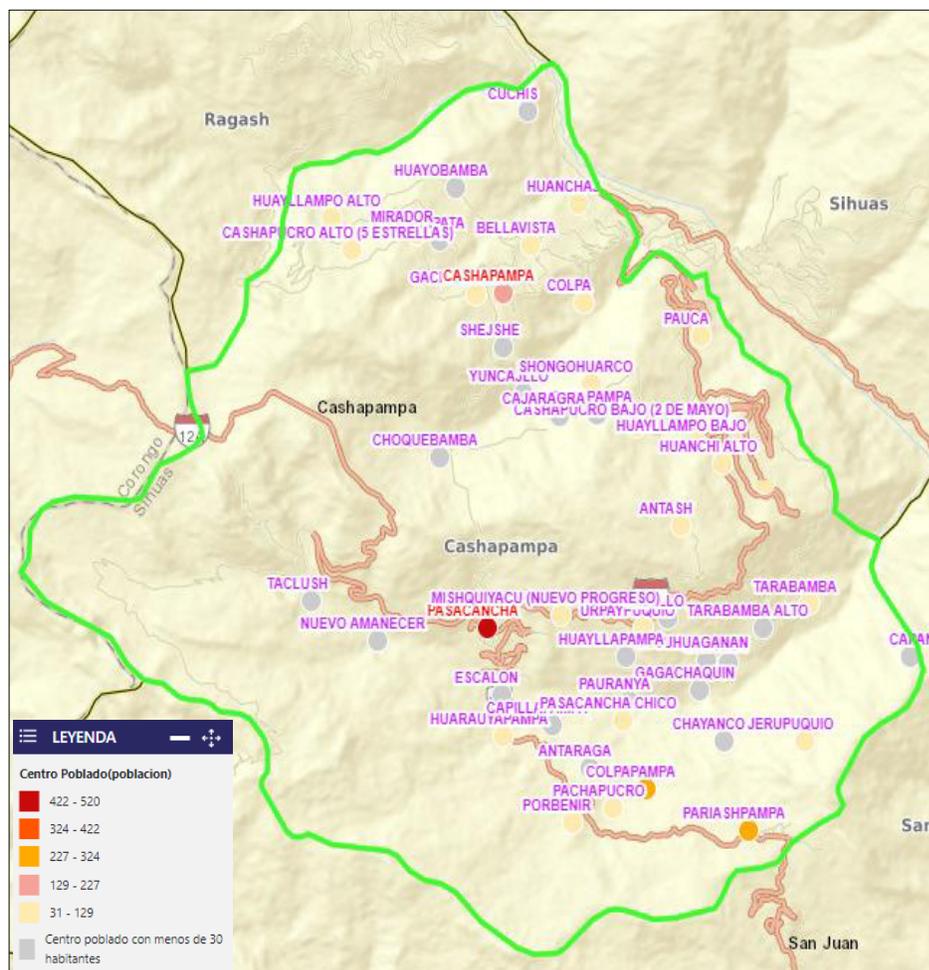
B. Distrito de Cashapampa. El distrito de Cashapampa integra uno de los diez distritos que configuran la provincia de Sihuas, situada en el departamento de Ancash. Fue durante el gobierno de Fernando Belaúnde Terry (1964) que se creó con la Ley N° 14830.

Presenta una superficie 66.96 km^2 , una altitud media de 3425 m.s.n.m y coordenadas $8^{\circ}57'10''\text{S } 78^{\circ}02'11''\text{O}$. En cuanto a los límites; por el norte limita con el distrito de Ragash, con el distrito de San Juan por el Sur, por este con Sihuas (capital) y por oeste con la provincia de Corongo.

Respecto a los centros poblados, son los siguientes que conforman el distrito de Cashapampa: Antaraga, Antash, Bellavista, Gachillpampa, Capacha, Cashapampa, Cashapucro Alto, Cajaragra, Cashapucro Bajo, Capillapampa, Chayanco, Chipillo, Choquebamba, Colpa, Colpapampa, Cuchis, Escalon, Gagachaquin, Huayobamba, Huachi Bajo, Huanchaj, Huanchi Alto, Huarauyapampa, Huayllampo Alto, Huayllapampa, Huayllampo Bajo, Jerupuquio, Mirador, Mishquiyacu, Nuevo Amanecer, Pachapucro, Pararapampa, Pariashpampa, Pasacancha, Pasacancha Chico, Pauca, Pauranya, Porbenir, Quichipata, Shejshe, Shongohuarco, Taclush, Tarabamba Alto, Toro Capana, Tucuhuaganan, Urpaypuquio, y Yuncajllo (INEI, 2017).

Figura 5

Mapa de Centros Poblados del Distrito de Cashapampa



Nota. INEI, 2017

C. Centro Poblado de Pasacancha (zona de estudio). Esta localidad está asentada en el margen izquierdo del río Pasacancha, pertenece a la Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha en el distrito de Cashapampa, provincia Sihuas, en el departamento de Ancash. Se encuentra aproximadamente a una altitud de 3546 m.s.n.m, y a la fecha está siendo afectada por eventos de movimientos en masa (reptación de suelos y deslizamiento); presenta montañas estructurales en roca sedimentaria con pendiente del terreno muy fuerte (25° a 45°) en laderas,

por ello estas son consideradas como inestables, propensas a la ocurrencia de derrumbes o deslizamientos. Las precipitaciones pluviales son intensas y/o excepcionales, destacar también que en este sector no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado por ende la infiltración de aguas subterráneas es permanente (INGEMMET,2020).

En lo que a la Topografía y Geomorfología respecta, mencionar que se ubica en el lado este de la Cordillera Occidental (conocido a nivel local como cordillera Blanca), que abarca el segmento norte de Los Andes Centrales. Los valles intermontañosos, las cadenas montañosas y las numerosas lagunas formadas por el deshielo de los glaciares, caracterizan la configuración del relieve. Entre las unidades geomorfológicas se puede mencionar a las montañas (vertiente rocosa cuarcítica, vertiente rocosa lutítica, circo de deslizamiento), cuerpo de deslizamiento, planicie aluvial (terreza fluvio-aluvial, terraza aluvial), piedemontes (morrena, cono aluvial, cono o talud de coluvio).

En cuanto a la Fisiografía, se tiene las siguientes unidades fisiográficas: montaña sedimentaria y valles fluvio-aluvial y aluvio-glaciar.

Respecto al Clima, es correspondiente a la zona andina, con características climatológicas propias de zona de Puna; la Temperatura media anual está entre 0°C a 14°C y la Precipitación total promedio anual para el año 2010 y 2011 conforme a la estación meteorológica Racaycocha (3800 msnm), se registró una precipitación anual de 728 mm y 630 mm respectivamente (Minera Peñoles de Perú S.A, 2016).

Las actividades económicas principales son la agricultura y la ganadería; hace décadas anteriores la minería también era una actividad importante, sin embargo, a la fecha solo quedan pasivos ambientales mineros (PAM) que no han sido remediados como evidencia. Cabe precisar que en la actualidad la empresa Minera Peñoles de Perú S.A, viene realizando trabajos de

exploración en la zona de Pasacancha y el distrito de San Juan, y cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd) aprobado mediante Resolución Directoral N° 322–2016–MEM–DGAAM.

La Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha obtuvo el reconocimiento como tal el 05 de octubre de 1990, llegando a culminar el proceso de titulación el 08 de noviembre de 1991 y abarca una extensión de 4.514,37 Has (Valera y Moreno, 1998).

En cuanto a información estadística podemos mencionar que la población total del Centro Poblado de Pasacancha es de 494 habitantes, población analfabeta 84, viviendas particulares 204, viviendas particulares con ocupantes presentes 149 y 150 hogares; además de ello también cuenta con energía eléctrica en las viviendas y con carretera afirmada (INEI, 2017), la misma que para recorrer el tramo Sihuas – Pasacancha se invierte 35 min en promedio (con unidad vehicular) y el tramo Cashapampa – Pasacancha 25 min en promedio (con unidad vehicular).

Otro aspecto de relevancia corroborado en campo es que el agua utilizada para riego (agricultura) y bebida de animales proviene del río Pasacancha (parte alta, donde no hay contaminación por PAM), y el agua destinada para consumo humano (potabilizada con desinfección) provienen de un manantial (agua subterránea), asimismo, la mayor cantidad de agua superficial que discurre por los alrededores e interior del Centro Poblado se encuentran contaminadas con gran carga de metales pesados y componentes tóxicos provenientes de los PAM como bocaminas, releves, desmontes entre otros.

D. Antecedentes de Pasivos Ambientales en la zona de estudio. Las montañas en la zona de Halcón son de formación Chicama y Jurásica (era Mesozoica). La Monzonita presente se encuentra distribuida en dos sectores tanto en la zona este como en la zona oeste. Se tiene referencia que en la zona este se encuentran depósitos de plomo, zinc y plata (Mina Pasacancha),

y en la zona oeste se encuentran depósitos de Molibdeno y Cobre (Mina El Águila), (MINEM y JICA, 2014).

Desde la década de 1970 existen antecedentes de explotación minera tanto en la zona de Pasacancha como El Águila, pero se desconocen los detalles. En la actualidad Minera Águila de Oro S.A.C y minera Peñoles de Perú S.A obtienen la concesión, aunque esta última se encuentra en proceso para pretender la concesión total. En la zona oriental (Pasacancha), no se están desarrollando actividades de exploración. En la zona de los depósitos de la parte occidental de El Águila, se continúan con las labores de exploración. Así mismo, colindante a la zona sur de Halcón, la empresa Peñoles tiene concesiones y realiza activamente exploraciones cuyo fin son los minerales de molibdeno, cobre y otros minerales.

Según el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros del MINEM actualizado en el 2022 mediante Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM/DM, se logra evidenciar la presencia de 76 PAM de la EUM Halcón, ubicados casi en su totalidad en la localidad de Pasacancha, distrito de Cashapampa, provincia Sihuas - Ancash.

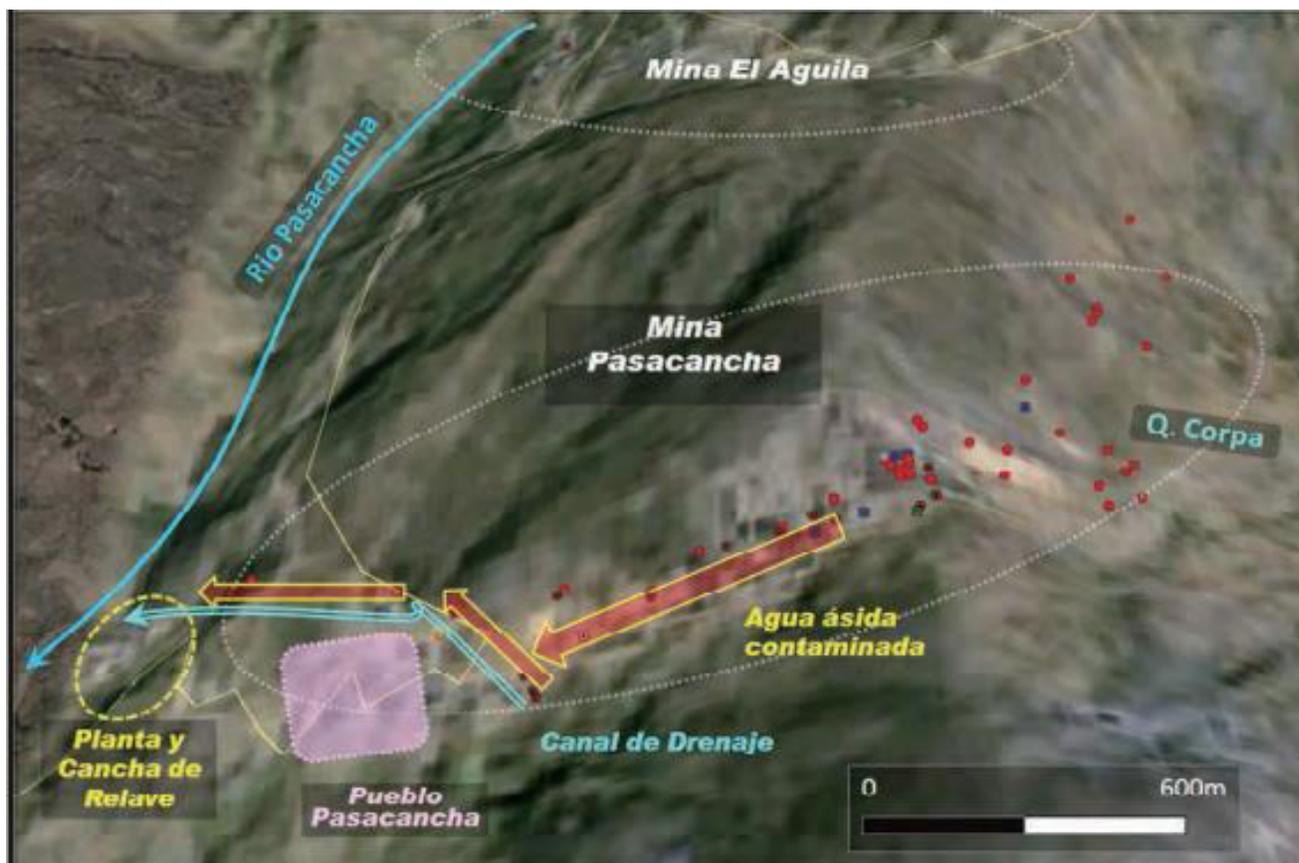
En esta investigación únicamente se están considerando los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que se encuentran ubicados al interior de la microcuenca del río Pasacancha; por lo tanto, si bien es cierto según el inventario actualizado del MINEM son 76 pasivos ambientales mineros de la citada Ex Unidad Minera, solamente 38 PAM se encuentran al interior de la microcuenca del río de Pasacancha, los mismos que serán objeto de evaluación en el presente estudio y de esta cantidad solamente 7 PAM generan lixiviados, escorrentía, drenaje permanente y o propician la contaminación de aguas superficiales; por ende el ensayo de análisis en laboratorio y su posterior tratamiento de resultados según lo establecido por la Guía del MINAM recaerá sobre esta última cantidad (7 PAM).

Figura 6

Ubicación de la Ex Unidad Minera Halcón



Nota. MINEM y JICA, 2014



Nota. MINEM y JICA, 2014

4.2.1.2 Cartografía previa al trabajo de campo. Durante este proceso se utilizó el programa ArcMap, así como el sistema de información geográfica Google Earth e imágenes satelitales de los servidores de USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) con el propósito de un reconocimiento detallado de la superficie en intervención. En ese sentido se recurrió a diversas fuentes de consulta; entre las más importantes cabe destacar: Carta Nacional obtenida del portal del Ministerio de Educación (MINEDU), Cuencas hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Anexos y Centros Poblados del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Pasivos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), verificación en los servidores del Servicio Nacional de Áreas Naturales

Protegidas (SERNAMP) de ANPs en la zona de estudio o cercanas a ella y otra información adicional del Instituto Geográfico Nacional (IGN), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Gobierno Regional (Ancash), Provincial (Sihuas) y distrital (Cashapampa).

Mediante la combinación de toda esta información se procedió elaborar el primer mapa base (Ver Anexo C: Mapa de ubicación política de la microcuenca del río Pasacancha y pasivos ambientales mineros de la EUM Halcón) el mismo que se llevó a campo y sirvió para reconocer todos los elementos presentes (centros poblados, cuerpos de agua, PAM, actividades económicas, pendientes, Geomorfología, etc) dentro del área considerada preliminarmente y poder ajustar los límites de considerarlo pertinente.

4.2.1.3 Consideraciones para la delimitación del área de estudio. Para poder delimitar el área más conveniente donde se pondrá por obra la investigación se tuvo en cuenta algunos aspectos como; los criterios técnicos para la delimitación de microcuencas, la cantidad, tipos, ubicación de los PAM de la EUM Halcón, Centros Poblados cercanos, cercanía a áreas de cultivos, vías de accesos, presencia y cercanía de cuerpos de agua superficiales y subterráneas (afloramientos), así como otras infraestructuras de almacenamiento de agua para consumo humano.

Recalcar que el área de estudio tiene una extensión de 44.12 km^2 , y los 76 PAM de la EUM Halcón que se mencionan, se encuentran representadas en el mapa base preliminar (elaborado antes del reconocimiento de la zona) siendo además que esta delimitación preliminar de la microcuenca ha quedado como la delimitación final luego de la verificación en campo (Ver Anexo C: Mapa de ubicación política de la microcuenca del río Pasacancha y PAM de la EUM

Halcón); del mismo modo se puede visualizar en otro mapa solamente los 38 PAM en los que se va enfocar la presente investigación por encontrarse ubicados al interior del área de estudio que viene a ser la microcuenca del río Pasacancha; también en la misma figura se puede apreciar los centros poblados que vendrían siendo afectados por la presencia de estos pasivos ambientales mineros (Ver Anexo D: Mapa de Centros Poblados y pasivos ambientales mineros en la microcuenca del río Pasacancha).

4.2.1.4 Consideraciones en relación a los entornos. Si bien es cierto los entornos fueron trabajados inicialmente en la primera etapa de la investigación (cruce de toda la información recabada), ello no fue ajeno a que se tuviera que usar la ficha de recopilación de información (Anexo J: Ficha base de recopilación de información de evaluación de riesgos), para poder complementar y precisar algunos aspectos importantes respecto de la evaluación de riesgos ambientales.

A. Entorno humano. En cuanto al entorno humano se incluyó a las personas que viven en el centro poblado de Pasacancha y otros que se encuentran al interior del área de estudio y estar propensos a sufrir las consecuencias de la exposición a los PAM. Como ya se mencionó anteriormente la fuente de agua para fines agrícolas proviene del río de Pasacancha, es canalizado de un punto a mayor altitud del centro poblado, ya que el agua proveniente de dicho punto aún no se encuentra contaminado por los drenajes de pasivos ambientales mineros. Cabe señalar que también se han construido reservorios de concreto para el adecuado almacenamiento del agua y posterior utilización. Respecto al agua de consumo, ésta proviene del afloramiento subterráneo, manantial que se encuentra ubicado en la parte superior a medio kilómetro del centro poblado de Pasacancha.

B. Entorno natural. Al mencionar este entorno, es imprescindible destacar estratos importantes como la presencia de vida acuática, sobre la cual se procedió evaluar la magnitud del riesgo estimando el menoscabo de la calidad de las masas de agua superficiales. Asimismo, otro componente importante a mencionar son las Áreas Naturales Protegidas (ANP), ya que su cercanía de las mismas al área de intervención será un factor importante para efectuar la evaluación del riesgo de dichas áreas. En ese entender el Área Natural Protegida más cercana es el Parque Nacional Huascarán a unos 18 km aproximadamente (provincias de Huaylas y Pomabamba) de la zona de estudio; por ende, al encontrarse muy distante esta ANP no se encontraría dentro de los alcances de la investigación.

C. Entorno socioeconómico. En lo que respecta a este punto se consideró como actividad económica sobresaliente la agricultura de la localidad de Pasacancha. De igual manera indicar que se desarrollan otras actividades paralelas en menor escala como la ganadería, el comercio, transporte, entre otros.

4.2.2. Salida a campo

Esta tarea se realizó en dos fechas, siendo la primera fecha el 16 de mayo y la segunda el 12 de julio ambas en el 2023.

Mediante estas visitas de reconocimiento planificados anteriormente se logró ejecutar algunos cometidos importantes como se detalla a continuación:

4.2.2.1 Constatación de PAM de la Ex Unidad Minera Halcón. Con la finalidad de comprobar y validar la información, así como la del Inventario de Pasivos Ambientales Mineros correspondiente al período 2022 que se ubican en el área de interés, se procedió realizar dos viajes a la zona de intervención, siendo el primer viaje en el mes de mayo del 2023 para poder verificar, constatar y corroborar toda la información recogida del área preliminar afectada por PAM, pudiendo de esta manera determinar con mayor exactitud la cantidad, tipos y ubicación exacta de dichos pasivos, algunos con drenaje permanente que vienen impactando a la fecha cuerpos de agua superficiales y subterráneas, no siendo ajeno a estos impactos las actividades socioeconómicas que se desarrollan en la localidad de Pasacancha y otros centros poblados cercanos que también en menor medida perciben la afectación de los PAM; para estos fines se utilizó como herramienta la ficha de recopilación de información de evaluación de riesgos.

Mencionar igualmente que en este viaje quedó definido la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial, y de manera complementaria con la información adquirida se procedió determinar los tipos y cantidad de parámetros de muestreo para su posterior análisis en laboratorio permitiendo todo este procedimiento la caracterización de los PAM en estudio. Seguidamente se muestra la tabla N° 17, que detalla el tipo, la ubicación (mediante coordenadas), la distancia de los PAM a la localidad más próxima y cuerpos de agua.

Tabla 17

PAM de la Ex Unidad Minera Halcón Reconocidos en Campo (Área de Estudio)

Nº	Código del PAM	Subtipo de PAM	Este	Norte	Distancia al Centro Poblado	Observaciones
1	PAM-1	Relaves	207543	9048456	0.32 km	A 50 metros del río Pasacancha
2	PAM-2	Desmonte de mina	207527	9048604	0.22 km	A 190 metros del río Pasacancha
3	PAM-3	Plantas de procesamiento	207535	9048633	0.19 km	A 220 metros del río Pasacancha
4	PAM-4	Desmonte de mina	207464	9048669	0.27 km	A 240 metros del río Pasacancha
5	PAM-5	Bocamina	207477	9048717	0.22 km	A 304 metros del río Pasacancha
6	PAM-6	Desmonte de mina	207628	9049136	0.04 km	A 750 metros del río Pasacancha
7	PAM-7	Bocamina	207625	9049139	0.05 km	A 749 metros del río Pasacancha
8	PAM-8	Plantas de procesamiento	205606	9049142	2.00 km	A 101 metros del río Pasacancha
9	PAM-9	Plantas de procesamiento	205952	9049155	1.80 km	A 230 metros del río Pasacancha
10	PAM-10	Generadores y transformadores	205634	9049158	1.99 km	A 147 metros del río Pasacancha
11	PAM-11	Plantas de procesamiento	205505	9049241	2.15 km	A 124 metros del río Pasacancha
12	PAM-12	Desmonte de mina	207797	9049293	0.15 km	A 965 metros del río Pasacancha
13	PAM-13	Desmonte de mina	207653	9049326	0.21 km	A 948 metros del río Pasacancha
14	PAM-14	Bocamina	207643	9049332	0.22 km	A 949 metros del río Pasacancha
15	PAM-15	Desmonte de mina	205564	9049420	2.30 km	A 336 metros del río Pasacancha
16	PAM-16	Desmonte de mina	207689	9049475	0.35 km	A 1.11 km del río Pasacancha y 270 metros a la fuente de agua para consumo
17	PAM-17	Bocamina	207626	9049492	0.36 km	A 1.12 km del río Pasacancha y 274 m a la fuente de agua (consumo)

18	PAM-18	Bocamina	207640	9049775	0.47 km	A 1.22 km del río Pasacancha y 360 metros a la fuente de agua para consumo
19	PAM-19	Desmonte de mina	207628	9049705	0.62 km	A 1.35 km del río Pasacancha y 365 metros a la fuente de agua para consumo
20	PAM-20	Bocamina	207632	9049712	0.63 km	A 1.35 km del río Pasacancha y 364 metros a la fuente de agua para consumo
21	PAM-21	Tajeo comunicado	207610	9049777	0.70 km	A 1.43 km del río Pasacancha y 423 metros a la fuente de agua para consumo
22	PAM-22	Bocamina	207605	9049796	0.72 km	A 1.45 km del río Pasacancha y 433 metros a la fuente de agua para consumo
23	PAM-23	Tajo	207526	9049797	0.70 km	A 1.43 km del río Pasacancha y 411 metros a la fuente de agua para consumo
24	PAM-24	Desmonte de mina	207532	9049849	0.87 km	A 1.54 km del río Pasacancha y 529 metros a la fuente de agua para consumo
25	PAM-25	Bocamina	207526	9049852	0.89 km	A 1.54 km del río Pasacancha y 537 metros a la fuente de agua para consumo
26	PAM-26	Chimenea	207532	9049852	0.86 km	A 1.54 km del río Pasacancha y 530 metros a la fuente de agua para consumo
27	PAM-27	Bocamina	207542	9049868	0.85 km	A 1.55 km del río Pasacancha y 533 metros a la fuente de agua para consumo
28	PAM-28	Desmonte de mina	207550	9049869	0.84 km	A 1.55 km del río Pasacancha y 520 metros a la fuente de agua para consumo

29	PAM-29	Chimenea	207547	9049877	0.85 km	A 1.55 km del río Pasacancha y 515 metros a la fuente de agua para consumo
30	PAM-30	Bocamina	205374	9049881	2.82 km	A 894 metros del río Pasacancha
31	PAM-31	Desmonte de mina	207589	9049897	0.83 km	A 1.58 km del río Pasacancha y 539 metros a la fuente de agua para consumo
32	PAM-32	Chimenea	207589	9049899	0.84 km	A 1.58 km del río Pasacancha y 541 metros a la fuente de agua para consumo
33	PAM-33	Bocamina	207569	9049902	0.85 km	A 1.6 km del río Pasacancha y 561 metros a la fuente de agua para consumo
34	PAM-34	Bocamina	207579	9049902	0.84 km	A 1.6 km del río Pasacancha y 547 metros a la fuente de agua para consumo
35	PAM-35	Desmonte de mina	207596	9049913	0.85 km	A 1.6 km del río Pasacancha y 559 metros a la fuente de agua para consumo
36	PAM-36	Desmonte de mina	207643	9049926	0.85 km	A 1.62 km del río Pasacancha y 579 metros a la fuente de agua para consumo
37	PAM-37	Pique	205402	9050116	3.08 km	A 1.06 km del río Pasacancha
38	PAM-38	Tajo	205361	9050168	3.12 km	A 1.12 km del río Pasacancha

Nota. Adaptado con información de “Inventario de PAM”. Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM/DM (2022).

En relación a la tabla que antecede indicar que los PAM descritos, se encuentran ubicados en la microcuenca de río Pasacancha, que a su vez pertenece a la cuenca hidrográfica del Alto Marañón. Del mismo modo precisar que los PAM que generan drenaje contaminante permanente o propician la contaminación de cuerpos de agua superficiales que discurren por su interior, son los siguientes: PAM-1, PAM-5, PAM-7, PAM-14, PAM-17, PAM-30 y PAM-38, son estos pasivos ambientales mineros con los que se va a trabajar la evaluación del riesgo ambiental sobre la calidad del agua superficial.

En este punto es concordante esclarecer que no se realizó la identificación de mayor cantidad de PAM en la zona, por ende, no se utilizó las fichas de campo del proyecto PERCAN para la identificación de pasivos mineros aprobadas por medio de la Resolución Directoral N° 173–2009–MEM–DGM. Los motivos para dicha decisión resultan evidentes, ya que el objetivo de la presente investigación es trabajar con los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón, los mismos que ya han sido identificados por el MINEM y actualizados al año 2022 mediante Resolución Ministerial N° 335–2022–MINEM–DM.

4.2.2.2 Contaminación del agua superficial. Aun cuando son varios componentes ambientales en la zona de estudio (suelo, aire, agua subterránea, agua superficial, etc) que vienen siendo afectados de manera directa e indirecta a consecuencia de la presencia de los pasivos ambientales mineros, para la presente tesis se consideró solamente la afectación al agua superficial como único componente ambiental impactado, siendo necesario para ello el análisis y evaluación a cada pasivo que genere drenaje o contamine el mismo.

Con respecto a la finalidad del segundo viaje (mes de julio del 2023) se dio para el cumplimiento del muestreo del agua superficial de los puntos ya definidos en el primer viaje

(realizado en el mes de mayo del 2023), los resultados obtenidos del laboratorio resultaron un aspecto neurálgico, ya que nos permitió continuar con todo el procedimiento posterior de análisis y evaluación del riesgo ambiental.

4.2.2.3 Diagnóstico de la calidad de agua superficial. Conforme ya se hizo mención anteriormente, de los 38 PAM que se encuentran en el área de investigación, solamente 7 PAM producen drenaje permanente y/o intervienen en la contaminación de algún cuerpo de agua superficial, estos pasivos mineros son los siguientes: PAM-1, PAM-5, PAM-7, PAM-14, PAM-17, PAM-30 y PAM-38.

Para cada pasivo se ubicó un punto de monitoreo, para posteriormente sacar muestras y ser analizado en laboratorio. Para este fin se tuvo en consideración lo dispuesto en la Resolución Jefatural N° 010–2016–ANA, instrumento que aprueba el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

A. Muestreo de agua superficial. En relación al muestreo ejecutado hacer mención que fue de tipo puntual y con única frecuencia realizado en el mes de julio del 2023. La identificación de los puntos de monitoreo se realizó de manera estratégica de los PAM que generan o afectan el drenaje superficial y esorrentía generando en algunos casos el proceso de lixiviación, acidificación, entre otros procesos químicos y geoquímicos (Ver Anexo E: Mapa de ubicación política de los puntos de muestreo de los PAM que generan drenaje permanente y/o intervienen en la contaminación de aguas superficiales en la microcuenca del río Pasacancha). Del mismo modo en la siguiente tabla N° 18 se muestra la localización de los puntos de muestreo, con la respectiva codificación e identificación.

Tabla 18

Puntos de Muestreo en los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que Generan Drenaje y/o Afectan Cuerpos de Aguas Superficiales

Punto de muestreo	Coordenadas UTM		Observaciones
	Este	Norte	
EMP 1	205375.6	9050062.03	Mediante este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que circula por el PAM-38 (Tajo). Acorde al inventario de PAM del MINEM, en este punto se encuentra presente el PAM-38 (Tajo) que al circular agua permanente que baja de zonas más altas y pasar por la superficie del PAM, se va contaminando y ha formado una especie de espejos de agua por las depresiones del terreno; es en la parte inferior donde discurren las aguas acumuladas fue donde se tomó la muestra. Mencionar también que a 58 metros del PAM-38 se encuentra el PAM-37 (Pique), si bien es cierto no genera drenaje, capta el 80% de agua de la zona y lo más probable es que ello contribuya a la contaminación de las aguas subterráneas
EMP 2	205383.2	9049878.29	La ubicación de este punto es para medir la calidad del agua superficial que genera el PAM-30 (Bocamina); agregar que este punto genera agua permanente y se encuentra en la parte inferior muy cercano al PAM-38 (313 metros) y al PAM-37 (248 metros)
EMP 3	207493.93	9048729.21	Con este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que genera el PAM-5 (Bocamina) que, a su vez, también genera drenaje permanente
EMP 4	207477.41	9048533.97	Con este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que circula por el PAM-1 (Relaves), este pasivo minero genera drenaje estacional (épocas de invierno: diciembre a marzo) mediante la escorrentía sobre la superficie de toda la relavera, por estos motivos las aguas contaminadas terminan discurrendo al río Pasacancha que se encuentra a 100 metros aproximadamente. Por otro lado, mencionar que el muestreo se realizó el mes de julio, por lo tanto, en dicho mes no se evidencia presencia de aguas acumuladas en los relaves; motivo por el cual la muestra se realizó en la parte superior donde circula un canal (acequia) desde la parte más alta hasta el río Pasacancha, es en este tramo que una porción de relaves intercepta el canal en mención; por ello la elección del punto

EMP 5	207617.33	9049126.4	Con este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que genera el PAM-7 (Bocamina) que, a su vez, también genera drenaje permanente y tiene a lado al PAM-6 (Desmonte de mina)
EMP 6	207638.48	9049331.73	Con este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que genera el PAM-14 (Bocamina) que, a su vez, también genera drenaje permanente y tiene a lado al PAM-13 (Desmonte de mina)
EMP 7	207684.39	9049491.03	Con este punto de muestreo se logró medir la calidad del agua que genera el PAM-17 (Bocamina) que, a su vez, también genera drenaje permanente y tiene a lado al PAM-16 (Desmonte de mina)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

B. Definición de parámetros de monitoreo. Para este fin se analizó detalladamente la información de yacimientos de la zona, geología, actividades mineras anteriores y la comparación de criterios de selección de los parámetros de muestreo en las metodologías que guardan similitud con nuestra investigación. Así, por ejemplo; Espinoza (2020), hace mención que entre los metales pesados de mayor importancia eco toxicológica y toxicológica en ambientes acuáticos se encuentran: el Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Níquel (Ni). Así también si se sobrepasa en demasía los niveles de Al, Cu, Fe, Mn pueden generar graves daños a la salud. Es así, que con el propósito de garantizar la calidad de resultados se optó por ceñirse estrictamente a las pautas del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales; tomándose las muestras de los puntos como se detalla en la tabla N° 18, llegándose a usar frascos de polietileno de alta densidad de distintos volúmenes debidamente rotulados, numerados, fechados y colocados los parámetros a analizar para cada muestra obtenida.

Tomando en consideración que los puntos de monitoreo están en una zona minera y que anteriormente operaron unidades mineras que dejaron PAM sin remediar, muchos de los cuales generan escorrentía, drenaje y lixiviación, que afectan la salud de la población, la calidad de vida y distintos componentes ambientales; conviene por lo tanto según la geología y geoquímica del lugar priorizar los metales pesados en la elección de parámetros, y otros parámetros complementarios.

Resulta relevante también mencionar que la actividad económica predominante de la zona es la agricultura y en menor medida la ganadería, entre otras; sin embargo, en determinadas situaciones (lluvias intensas, infiltraciones y desbordes del caudal de lixiviados) se logra usar en

la agricultura aguas procedentes de PAM cargadas con contaminantes. Asimismo, se evidenció que acorde al uso, el curso de agua estaría dentro de la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y subcategoría D1 (Riego de vegetales), siendo ello concordante con el código de Unidad Hidrográfica 49899 de la Intercuenca Alto Marañón V, correspondiendo a dicha clasificación la categoría 3 que hace mención el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En referencia a los Límites Máximos Permisibles (LMPs) aludir que se prefirió trabajar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), ya que los LMPs aplican para efluentes de actividades minero-metalúrgicas en operatividad; no obstante, en la zona de estudio ya no se evidencia actividad de unidades mineras, salvo algunas de exploración que no están comprendidas dentro de los alcances de la presente investigación. Se puede extrapolar entonces de lo comentado que no existe tratamiento alguno de los efluentes líquidos antes de que sean descargadas al río Pasacancha.

Las aguas resultantes de los pasivos ambientales mineros vienen por lo general cargados de metales pesados, metaloides, aniones y otros contaminantes tóxicos. En ese contexto se llevó a laboratorio para el respectivo análisis los siguientes parámetros: metales pesados (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Zn), sulfatos, temperatura, potencial de hidrógeno y conductividad. En este punto es importante precisar que a excepción del parámetro temperatura que fue tomada en campo; todos los demás parámetros fueron llevados a laboratorio para el respectivo análisis.

C. Consideraciones para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales provenientes de pasivos ambientales mineros (PAM). En este apartado cabe esclarecer que se cumplió estrictamente con los procedimientos y directrices comprendidos en la Resolución Jefatural N° 010- 2016- ANA, norma que aprueba el “Protocolo Nacional para Realizar Monitoreos de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales; por otra parte también se tuvo en cuenta los criterios que maneja el laboratorio acreditado SGS del Perú SAC, ver para ello el Anexo F: Cantidad de muestra y requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales por servicio, el Anexo G: Cantidad y descripción de materiales de muestreo usados en campo (Guía de remisión SGS del Perú S.A.C) y el Anexo H: Cadena de custodia para el monitoreo de agua, que fue llenada con información acorde a lo solicitado por el laboratorio de análisis.

El servicio prestado por SGS del Perú S.A.C. comprendió solamente análisis de muestras de agua superficial, obteniéndose como resultado del mismo un informe de ensayo (informe de resultados de laboratorio), ver el Anexo I: Informe de ensayo del laboratorio SGS del Perú; si bien es cierto el procedimiento de muestreo en campo no estuvo dentro de los alcances del servicio y se realizó de manera independiente siguiendo los lineamientos ya mencionados, los materiales a usar fueron proporcionados por el laboratorio, tales como: *Cooler* grande, *ice pack's*, frascos de PCV de 500 mL transparente, frascos de polietileno de 60 mL, frascos de PVC de 500 mL de boca ancha transparente, ácido nítrico como preservante para las muestras, mascarillas desechables, guantes desechables, etiquetas autoadhesivas (en la que se consigna nombre del solicitante, número de muestra, código del punto, tipo de agua, fecha y hora de inspección, parámetros a ser analizado, entre otros datos), cadena de custodia. Para poder obtener los objetivos esperados también se llevó a campo materiales adicionales a cuenta propia como: Libreta y fichas de campo, mapa base de ubicación y componentes de la zona, cámara

fotográfica, GPS marca garmin y un termómetro digital de marca ebro cuya sensibilidad del instrumento es de ± 0.01 °C; es de importancia hacer mención este último equipo, ya que el único parámetro medido en campo fue la temperatura, siendo los demás parámetros analizados en laboratorio.

Para los puntos de muestreo: EMP 2, EMP 3, EMP 5, EMP 6 y EMP 7, por ser bocaminas que generan drenaje de manera permanente y no evidenciarse cargas significativas de sedimentos, las muestras fueron tomadas a unos metros de la salida del PAM. Por otro lado, para los puntos de muestreo: EMP 1 (tajo) y EMP 4 (relaves), los criterios de ubicación para la obtención de muestra se describen en la tabla N° 18. Se tuvo en consideración en todo momento el uso de guantes nitrilo para la manipulación de frascos, sin hacer contacto con el interior, y enjuagando tres veces los envases antes de llenarse la muestra; se tuvo los mismos cuidados con el preservante (ácido nítrico) además de no permitir mucha cercanía a la piel y ojos como es el caso para los metales totales, realizándose la preservación al instante después de ser llenada la muestra para luego ser homogeneizada y cerrada herméticamente.

Siguiendo con el procedimiento las muestras fueron ordenadas de manera vertical al interior del *cooler* evitando con ello futuros derrames y exposición a la luz, del mismo modo los refrigerantes *ice pack's* fueron distribuidos ordenadamente dentro del *cooler*, asegurando la conservación de las muestras y el blanco viajero, salvaguardando así la calidad de los resultados en laboratorio.

En relación al método de ensayo y normas de referencia usados para los parámetros de interés se puede examinar el Anexo F: Cantidad de muestra y requisitos mínimos para ensayos

de muestras ambientales por servicio; también se puede cotejar estos datos en el informe de resultados, ver Anexo I: Informe de ensayo del laboratorio SGS del Perú.

4.2.2.4 Valores de parámetros obtenidos en laboratorio y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Son los parámetros de: Metales totales, sulfatos, conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno que fueron analizados por el laboratorio SGS del Perú, tal como se muestra en el Anexo I: Informe de ensayo del laboratorio SGS del Perú, por otro lado, el parámetro de temperatura se tomó en campo al instante en cada punto de monitoreo.

La comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental es la base para iniciar y poder determinar el nivel de riesgo que ocasionan los pasivos ambientales mineros sobre la calidad del agua superficial; en este caso se comparó con los ECA para agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y subcategoría D1 (Riego de vegetales). Para el esclarecimiento de lo que se ha aludido, se presenta la tabla N° 19 que muestra los valores de los parámetros obtenidos en laboratorio y su comparación con los ECA (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Tabla 19*Análisis de los Parámetros Obtenidos*

Parámetros	Unidad	EMP-01 (PAM-38)	EMP-02 (PAM-30)	EMP-03 (PAM-5)	EMP-04 (PAM-1)	EMP-05 (PAM-7)	EMP-06 (PAM-14)	EMP-07 (PAM-17)	ECA
Temperatura	°c	13.8	13.1	12.5	12.8	12.1	11.4	10.6	Δ 3
pH	pH	7.44	7.67	6.86	2.31	2.48	2.35	2.44	<6.5-8.5>
Conductividad Eléctrica	uS/cm	142.70	339.00	169.20	2859.00	2874.00	2536.00	5370.00	2500
Sulfatos	mg/L	33.46	80.60	40.22	1135.80	1156.91	1092.49	4061.92	1000
Aluminio Total	mg/L	<0.003	<0.003	0.009	53.033	57.246	46.604	226.385	5
Arsénico Total	mg/L	0.00033	<0.00010	0.00635	6.40347	2.84018	0.11352	15.29503	0.1
Cadmio Total	mg/L	0.00007	0.00014	0.00005	0.32398	0.38702	0.29475	1.75308	0.01
Cromo Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0075	0.0061	0.0049	0.0306	0.1
Cobre Total	mg/L	0.03204	0.02993	<0.00009	2.63128	2.45442	1.32943	10.89779	0.2
Hierro Total	mg/L	0.1721	0.6017	4.7470	467.7645	480.7217	357.4001	1700.8232	5
Manganeso Total	mg/L	0.04886	0.30997	0.21929	8.84680	10.05567	9.22659	29.35765	0.2
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.01417	<0.00009	0.00016	<0.00009	0.001
Plomo Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	48.3906	0.0875	0.0995	0.3240	0.05
Zinc Total	mg/L	0.0045	0.0371	0.0093	125.8087	141.9161	117.2588	536.9224	2
Porcentaje de parámetros que sobrepasan el ECA		0%	7%	7%	86%	79%	79%	79%	

Nota. Esta tabla de valores de parámetros obtenidos en laboratorio y su comparación con los ECA (D.S N° 004–2017–MINAM) tiene una relevancia importante ya que a partir de estos resultados se tomará el punto de partida en la determinación del nivel riesgo ambiental generado por los Pasivos Ambientales Mineros. Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla N° 19 que se muestra podemos indicar que en el punto EMP-1 el cero por ciento de los parámetros superan el ECA, para el punto EMP-2 el 7 por ciento de los parámetros superan el ECA, para el punto EMP-3 el 7 por ciento de los parámetros superan el ECA, para el punto EMP-4 el 86 por ciento de los parámetros superan el ECA, para el punto EMP-5 el 79 por ciento de los parámetros superan el ECA, para el punto EMP-6 el 79 por ciento de los parámetros superan el ECA y para el punto EMP-7 el 79 por ciento de los parámetros superan el ECA.

Cabe resaltar que hubo un procedimiento inicial (trabajo de SIG en gabinete) previo a la delimitación del área de estudio y corroborando toda esta información en campo se definió el área final (44.12 km²) acorde a la influencia de los PAM en la zona, para ello indicar que se mantuvo la delimitación inicial por los motivos ya detallados en los Ítems 4.2.1.2 y 4.2.1.3. Por otro lado, haciendo mención a la situación y cantidad de PAM que fueron considerados, remarcar que según el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) del MINEM actualizado en el 2022 mediante Resolución Ministerial N° 335- 2022- MINEM/DM, se logra evidenciar la presencia de 76 PAM de la Ex Unidad Minera Halcón; de esta cantidad solamente 38 PAM se encuentran dentro del área delimitada, los mismos que fueron considerados dentro de los alcances de la investigación; de esta última cantidad solamente 7 PAM generan drenaje y/o afectan cuerpos de aguas superficiales, y otros componentes del ambiente, biodiversidad, la salud de la población, actividades económicas, trastornos culturales entre otros impactos negativos; esta información se puede verificar también en el Ítem 4.2.1.1.4 ya citado.

4.3. Estimación del Riesgo Ambiental

Con el propósito de llevar a efecto la realización de esta tarea se tuvo en cuenta los criterios y considerandos de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del año 2010 cuya autoría y presentación corresponde al Ministerio del Ambiente.

4.3.1. Evaluación del Riesgo Ambiental

4.3.1.1 Identificación de peligros. Este propósito se consolidó mediante la articulación de toda la data recabada y la ratificación de la misma mediante el trabajo de campo, como ya se mencionó anteriormente los pasivos ambientales mineros dan origen a múltiples peligros, siendo así que se logró reconocer a aquellos peligros que tienen incidencia en los siguientes entornos: humano, natural y socioeconómico; asimismo, se describió las causas y efectos de dichos peligros. Para poder examinar a detalle los peligros en mención se puede verificar la tabla N° 20 donde se aprecia los tipos de peligros identificados.

Como se menciona en el *Ítem 4.2.1.1.4* sobre la cantidad de PAM y criterios de selección para su evaluación, y a consecuencia de la constatación en campo se pudo determinar que las fuentes de peligro vienen a ser los 7 pasivos ambientales mineros que de algún modo generan drenaje permanente y/o propician la contaminación de las aguas superficiales y sobre los cuales recaerá la metodología de la guía de evaluación de riesgos ambientales.

Tabla 20*Peligros Reconocidos en los Entornos Humano, Natural y Socioeconómico*

Entorno	Factor	Antrópico	
		Causas	Efectos
Humano	Formación de drenaje: incremento del grado de contaminación en las aguas de superficie.		Menoscabo de la salud de los habitantes de la zona, por consiguiente, el aumento de los gastos en prevención y tratamiento de enfermedades producidas a raíz de la exposición a concentraciones elevadas de metales, como son, por ejemplo; problemas gastrointestinales, de crecimiento, enfermedades vasculares, problemas respiratorios, afectación del sistema nervioso central (disminución de la retención), entre otros.
	Surgimiento del fenómeno de acidificación de las aguas superficiales: reducción de los valores de pH en los cuerpos de agua superficial		
Natural	Formación de efluentes: incremento del grado de contaminación en las aguas de superficie.		Degradación del ambiente y sus componentes que alberga. Disminución de la aptitud del agua para riego y consumo humano. Detrimiento de la biodiversidad acuática.
	Surgimiento del fenómeno de acidificación de las aguas superficiales: reducción de los valores de pH en los cuerpos de agua superficial		
Socioeconómico	Utilización de aguas impactadas para las distintas labores socioeconómicas en el área de estudio		Empleo de aguas contaminadas por PAM en el desarrollo de la agricultura de la zona. Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por la existencia de pasivos ambientales mineros

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21*Crterios de Reconocimiento de las Fuentes de Peligro*

Pasivos Ambientales Mineros	PAM que generan lixiviados, drenajes permanentes y/o propician la contaminación de las aguas superficiales	Proximidad a la población y campos agrícolas	Cercanía a cuerpos receptores	PAM considerado a ser evaluado (Si/No)	Observaciones
PAM-1	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información
PAM-2					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-3					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-4					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-5	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información
PAM-6					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-7	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información
PAM-8					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-9					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-10					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-11					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-12					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-13					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-14	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información

PAM-15					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-16					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-17	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información
PAM-18					No evaluar, genera drenaje mínimo
PAM-19					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-20					No evaluar, genera drenaje mínimo
PAM-21					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-22					No evaluar, genera drenaje mínimo
PAM-23					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-24					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-25					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-26					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-27					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-28					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-29					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-30	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información
PAM-31					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-32					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-33					No evaluar, ya que no presenta drenaje

PAM-34					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-35					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-36					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-37					No evaluar, ya que no presenta drenaje
PAM-38	X	X	X	SI	Ver tabla N°18 para mayor información

Nota. Mediante esta tabla se puede evidenciar los principales criterios para elegir aquellos PAM que generan drenaje como fuentes de peligro, los mismos que serán objeto de análisis y evaluación según los lineamientos de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM. Adaptado de Cervantes y Quito, 2019.

4.3.1.2 El suceso iniciador en los entornos humano, natural y socioeconómico. Los sucesos iniciadores se desarrollan para cada entorno, del mismo modo representan a diversidad de variables, parámetros o indicadores que son susceptibles de ser cuantificados o medibles. Para nuestro caso en el presente estudio se consideró a los parámetros que fueron determinados en laboratorio. Ver tabla N° 22 para mayor amplitud.

Tabla 22*Descripción del Suceso Iniciador en los Entornos*

Análisis del entorno Humano	Elemento de riesgo	Exposición Potencial de agua a: Contaminación superficial
	Suceso iniciador/ Parámetro de evaluación	T°, pH, C.E., Sulfatos, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn
	Fuente de información	Resultados del laboratorio acreditado SGS del Perú S.A.C; obteniendo como producto final el informe de ensayo
Análisis del entorno Natural	Elemento de riesgo	Exposición Potencial de agua a: Contaminación superficial
	Suceso iniciador/ Parámetro de evaluación	T°, pH, C.E., Sulfatos, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn
	Fuente de información	Resultados del laboratorio acreditado SGS del Perú S.A.C; obteniendo como producto final el informe de ensayo
Análisis del entorno Socioeconómico	Elemento de riesgo	Exposición Potencial de Agua a: Pérdida paulatina de la calidad de los productos agrícolas y surgimiento de conflictos ambientales
	Suceso iniciador/ Parámetro de evaluación	Decrecimiento de la actividad agrícola, incremento de conflictos ambientales
	Fuente de información	MINEM, Gobierno Regional, Gobierno provincial, INEI, Instrumentos de gestión ambiental de empresas mineras de la zona, Defensoría del Pueblo

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.3 Formulación de escenarios. Como ya se mencionó anteriormente, son 7 PAM considerados como fuente de peligro por generar drenaje permanente y/o eventual, en esa línea conviene efectuar la formulación de los escenarios de riesgo coligados a sustancias o eventos, del mismo modo sus potenciales consecuencias para los entornos humano, natural y socioeconómico. Las tres tablas siguientes N° 23, 24 y 25, muestran la formulación de los

respectivos escenarios en cada entorno, siendo considerados dichos escenarios de riesgo posteriormente en el proceso de evaluación del riesgo ambiental.

Tabla 23

Formulación de Escenarios del Entorno Humano

Tipología de Peligros		sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias	
Ubicación de la zona	Natural Antrópico					
Entorno Humano						
Localidad de Pasacancha, distrito de Cashapampa y provincia de Sihuas		x	Temperatura	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Aumento de microorganismos patógenos a razón del incremento de la T°
		x	pH	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Pérdida de aptitud del agua para consumo y/o riego, menoscabo de la salud de los habitantes; presencia de aguas superficiales con altos contenidos de metales y metaloides
		x	Conductividad Eléctrica	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Menoscabo de la salud de los habitantes de la zona; problemas cardiacos, enfermedades estomacales y renales
		x	Sulfatos	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Efecto laxante, diarreas y otros problemas gastrointestinales
		x	Aluminio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Enfermedades en los huesos, Alzheimer, afecciones renales, problemas respiratorios y del sistema nervioso, daños cerebrales graves (fatales)
		x	Arsénico Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Diabetes, enfermedades cardiovasculares, lesiones cutáneas, hiperqueratosis, cáncer, arsenicosis, anemia, leucopenia, hepatomegalia reversible, alteraciones neurológicas
	x	Cadmio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Enfermedades gastrointestinales, insuficiencia renal, anemia, osteoporosis, problemas respiratorios, cáncer al pulmón, riñón y próstata	

x	Cobre Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Dolor abdominal, lesión hepática, calambres, anemia, náuseas, vómito y diarrea, insuficiencia cardíaca, enfermedad de Wilson
x	Cromo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Úlceras nasales, problemas respiratorios, afectación al sistema reproductivo, cáncer al estómago, anemia
x	Hierro Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Diabetes, enfermedades del sistema nervioso, insuficiencia cardíaca, disminución de capacidad de orientación, hemocromatosis, neumoconiosis, cáncer de pulmón
x	Manganeso Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación del sistema nervioso, problemas de comportamiento, movimientos lentos y sin coordinación, temblores, párkinson, irritabilidad, depresión, inapetencia, dolores de cabeza
x	Mercurio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Alteraciones neuromusculares, Hipertrofia de tiroides, insomnio, taquicardia, pérdida de memoria, daños neurológicos y de memoria, efectos nocivos en el sistema digestivo, trastornos renales, irritación pulmonar
x	Plomo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Daños en el sistema nervioso y sistema reproductivo, dificultades con la concentración y la memoria, problema articular y muscular, efectos cancerígenos, enfermedades cardiovasculares y renales, cambios en el estado de ánimo, anemia.
x	Zinc Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Malestar estomacal, náuseas, vómitos, diarrea, pérdida de apetito, daño pancreático, arteriosclerosis, afectación del sistema inmunitario

Nota. Se puede verificar con mayor amplitud la información de esta tabla en el Anexo K: Factores de Peligrosidad. Fuente: Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 24*Formulación de Escenarios del Entorno Natural*

Tipología de Peligros		sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias	
Ubicación de la zona	Natural Antrópico					
Entorno Natural						
Localidad de Pasacancha, distrito de Cashapampa y provincia de Sihuas		x	Temperatura	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	pH	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Conductividad Eléctrica	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Sulfatos	Vertimiento de aguas ácidas	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Aluminio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Arsénico Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Cadmio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
		x	Cobre Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
	x	Cromo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha	

x	Hierro Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
x	Manganeso Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
x	Mercurio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
x	Plomo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha
x	Zinc Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	PAM	Afectación a la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha

Nota. Se puede verificar con mayor amplitud la información de esta tabla en el Anexo K: Factores de Peligrosidad. Fuente: Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 25*Formulación de Escenarios del Entorno Socioeconómico*

Tipología de Peligros		sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias	
Ubicación de la zona	Natural Antrópico					
Entorno Socioeconómico						
Localidad de Pasacancha, distrito de Cashapampa y provincia de Sihuas		X	Presencia de sustancias tóxicas en las aguas superficiales	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	PAM	Contaminación de áreas productivas o terrenos fértiles con aguas superficiales provenientes de PAM. Pérdida paulatina de algunas actividades económicas en la localidad de Pasacancha
			X	Presencia de sustancias tóxicas en las aguas superficiales	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	PAM

Nota. El Anexo K, guarda información complementaria a esta tabla. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4 Estimación de la Probabilidad. Resulta de mucha relevancia determinar la probabilidad de ocurrencia del escenario de riesgo, ya que este parámetro juntamente con la gravedad de las consecuencias de dichos escenarios nos dará como resultado el cumplimiento del segundo objetivo específico de la presente investigación. En ese sentido para satisfacer los requerimientos en mención se hizo uso de la tabla N° 6, propuesta en base a Norma UNE 150008–2008, y recogida en la Guía del MINAM (2010). A continuación se puede apreciar la tabla N° 26, donde se detallan los criterios de valoración según la frecuencia y/o duración de los escenarios, esto es la liberación de drenajes cargados de contaminantes; se puede ver que el

PAM-1, se le atribuye una probabilidad de 4 (ocurrencia menor a una semana), ello debido a que al ser una relavera no genera drenaje de manera continua, siendo eventual por la presencia de lluvias intensas en los meses de diciembre a marzo; sin embargo, como ya se mencionó en la tabla N° 18, en la parte superior de la relavera hay una porción de la misma por donde interseca un canal artesanal con caudal permanente y desemboca en el río Pasacancha, por este motivo es la asignación del valor 4 a la probabilidad del PAM-1, en esa misma línea y congruente con Campos y Moreno (2022), en la investigación del riesgo ambiental por pasivos mineros en la parte baja del río Sihuas, que asignan el valor de 4.52 al promedio de la probabilidad y 5 al valor cuantitativo aproximado, y considerando la información que guardan las tablas N° 18 y 21, se asignó el valor de 5 a los PAM-5, PAM-7, PAM-14, PAM-17, PAM-30 y PAM-38.

Tabla 26

Valoración de la Probabilidad

Pasivos Ambientales Mineros	Generan drenajes permanentes y/o propician la contaminación de las aguas superficiales	Proximidad a la población y campos agrícolas	Cercanía a cuerpos receptores	Observaciones	Probabilidad
PAM-1	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	4
PAM-5	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5
PAM-7	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5
PAM-14	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5
PAM-17	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5
PAM-30	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5
PAM-38	X	X	X	Ver tabla N° 21 para mayor información	5

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.5 Estimación de la gravedad de las consecuencias. Para desarrollar la estimación de la gravedad de las consecuencias se procedió teniendo en cuenta lo establecido en la tabla N° 7, en cada uno de los tres entornos.

A. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno humano. Se puede afirmar que este cálculo está condicionado a la salud y se establece según la siguiente fórmula:

$$\text{Salud} = C + 2(P) + E_h + \text{Población}$$

a) Cantidad (C)

Este viene definido por la cantidad de una sustancia nociva presente en el entorno (para nuestro caso al agua superficial); en el presente estudio se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio SGS del Perú S.A.C tal como se resumen en la tabla N° 19. Posteriormente los valores obtenidos pasaron a ser contrastados con el ECA- agua categoría 3- D1 (riego de vegetales), para finalmente efectuar la correspondiente valoración según el nivel de porcentaje que se encuentra por encima de lo permitido por la norma, como ya lo señala la tabla N° 8. En ese entender se presenta la tabla N° 27 que muestra el comportamiento del factor cantidad para los escenarios de riesgo pertenecientes a los siete PAM en el entorno humano.

Tabla 27*Estimación del Factor de Cantidad Para el Entorno Humano*

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 01 (PAM-38)			EMP 02 (PAM-30)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.8	0%	1	13.1	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	7.44	0%	1	7.67	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	142.70	0%	1	339.00	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	33.46	0%	1	80.60	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	<0.003	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00033	0%	1	<0.00010	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00007	0%	1	0.00014	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	<0.0003	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.03204	0%	1	0.02993	0%	1

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.1721	0%	1	0.6017	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.04886	0%	1	0.30997	55%	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	<0.00009	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	<0.0006	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0045	0%	1	0.0371	0%	1

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 03 (PAM-5)			EMP 04 (PAM-1)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.5	0%	1	12.8	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	6.86	0%	1	2.31	64%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	169.20	0%	1	2859.00	14%	2
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	40.22	0%	1	1135.80	14%	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	0.009	0%	1	53.033	961%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00635	0%	1	6.40347	6303%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00005	0%	1	0.32398	3140%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	0.0075	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	<0.0000 9	0%	1	2.63128	1216%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	4.7470	0%	1	467.7645	9255%	4

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.21929	10%	2	8.84680	4323%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.0000 9	0%	1	0.01417	1317%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	48.3906	96681%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0093	0%	1	125.8087	6190%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 05 (PAM-7)			EMP 06 (PAM-14)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.1	0%	1	11.4	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	2.48	62%	3	2.35	64%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2874.00	15%	2	2536.00	1%	1
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1156.91	16%	2	1092.49	9%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	57.246	1045%	4	46.604	832%	4

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	2.84018	2740%	4	0.11352	14%	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.38702	3770%	4	0.29475	2848%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0061	0%	1	0.0049	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.45442	1127%	4	1.32943	565%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	480.7217	9514%	4	357.4001	7048%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	10.05567	4928%	4	9.22659	4513%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.0000 9	0%	1	0.00016	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0875	75%	3	0.0995	99%	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	141.9161	6996%	4	117.2588	5763%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 7 (PAM-17)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	10.6	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	2.44	62%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	5370.00	115%	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	4061.92	306%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	226.385	4428%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	15.29503	15195%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	1.75308	17431%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0306	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	10.89779	5349%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	1700.8232	33916%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	29.35765	14579%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.3240	548%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	536.9224	26746%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

b) Peligrosidad (P)

Viene a ser la propiedad o aptitud inherente de la sustancia y/o contaminante de ocasionar daño (posibilidad de acumulación, toxicidad, bioacumulación, etc) (MINAM, 2010). Para la valoración se realizó un análisis integral, donde intervino los considerandos recogidos en la tabla N° 9 y también se tuvo en cuenta los factores de peligrosidad (Ver Anexo K: Factores de peligrosidad); como resultado se logró definir valores de peligrosidad para el entorno humano, tal como en la tabla N° 28 se muestra.

Tabla 28

Estimación del Factor de Peligrosidad Para el Entorno Humano

Parámetro	Escenario de Riesgo	Peligrosidad	
		Valor	Caracterización
Temperatura	Vertimiento de aguas ácidas	1	Daño leve y reversible
pH	Vertimiento de aguas ácidas	3	Tóxico
Conductividad Eléctrica	Vertimiento de aguas ácidas	3	Tóxico
Sulfatos	Vertimiento de aguas ácidas	1	Daño leve y reversible
Aluminio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Arsénico Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Cadmio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Cromo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Cobre Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Hierro Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles

Manganeso Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Mercurio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Plomo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles
Zinc Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles

Nota. Fuente: Elaboración propia.

c) Extensión (Eh)

Según los criterios de aplicación de la Guía del MINAM (2010), para el entorno humano, el factor extensión hace alusión a la longitud que existe entre el PAM y el centro poblado más cercano que potencialmente se vería impactado. En ese orden y teniendo en cuenta los juicios de valoración establecidos en la tabla N° 10, conviene por consiguiente mostrar la tabla N° 29 siendo la misma que exhibe los valores asignados al factor extensión por cuanto al entorno humano se refiere.

Tabla 29*Estimación del Factor de Extensión Para el Entorno Humano*

Punto de monitoreo para cada PAM	PAM	Tipo	Distancia del PAM al Centro Poblado (km)	Valor (Eh)
EMP 1	PAM-38	Tajo	3.19km	1
EMP 2	PAM-30	Bocamina	2.85km	1
EMP 3	PAM-5	Bocamina	0.24km	3
EMP 4	PAM-1	Relaves	0.28km	3
EMP 5	PAM-7	Bocamina	0.1km	4
EMP 6	PAM-14	Bocamina	0.24km	3
EMP 7	PAM-17	Bocamina	0.42km	3

Nota. Fuente: Elaboración propia.

d) Población (Pobl.)

Este factor depende propiamente de la cantidad de personas que potencialmente se verían afectadas por los riesgos inminentes en la zona, ello considerando un número de personas en un área definida y/o delimitada con antelación. Se dispuso la tabla N° 11 para los propósitos de una valoración idónea.

La Comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha obtuvo el reconocimiento como tal el 05 de octubre de 1990, llegando a culminar el proceso de titulación el 08 de noviembre de 1991 y abarca una extensión de 4.514,37 Has (Valera y Moreno, 1998); asimismo, la población total del centro poblado de Pasacancha es de 494 habitantes, (INEI, 2017), por consiguiente, el valor asignado al factor de población afectada para

todos los escenarios de riesgo descritos en la tabla N° 23 corresponde 4, indicando con ello, un valor muy alto.

Por último, y acorde a la fórmula ya presentada, una vez hallado los valores de cada factor (cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada) correspondientes a los escenarios de riesgo de los PAM en evaluación (PAM-1, PAM-5, PAM-7, PAM-14, PAM-17, PAM-30 y PAM-38) en el entorno humano, se procedió realizar la sumatoria y su correspondiente valoración conforme la tabla N° 15, tal como se presenta en las tablas siguientes.

Tabla 30*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-38*

PAM-38 (EMP 1)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.8	0%	1	1	1	4	8	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	7.44	0%	1	3	1	4	12	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	142.7	0%	1	3	1	4	12	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	33.46	0%	1	1	1	4	8	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00033	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00007	0%	1	4	1	4	14	3

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.03204	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.1721	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.04886	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0045	0%	1	4	1	4	14	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 31*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-30*

PAM-30 (EMP 2)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.1	0%	1	1	1	4	8	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	7.67	0%	1	3	1	4	12	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	339.00	0%	1	3	1	4	12	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	80.60	0%	1	1	1	4	8	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	<0.00010	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00014	0%	1	4	1	4	14	3

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.02993	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.6017	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.30997	55%	3	4	1	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	1	4	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0371	0%	1	4	1	4	14	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 32*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-5*

PAM-5 (EMP 3)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.5	0%	1	1	3	4	10	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	6.86	0%	1	3	3	4	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	169.20	0%	1	3	3	4	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	40.22	0%	1	1	3	4	10	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	0.009	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00635	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00005	0%	1	4	3	4	16	4

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	<0.00009	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	4.7470	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.21929	10%	2	4	3	4	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0093	0%	1	4	3	4	16	4

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 33*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-1*

PAM-1 (EMP 4)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.8	0%	1	1	3	4	10	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.31	64%	3	3	3	4	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2859.00	14%	2	3	3	4	15	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1135.80	14%	2	1	3	4	11	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	53.033	961%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	6.40347	6303%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.32398	3140%	4	4	3	4	19	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0075	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.63128	1216%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	467.7645	9255%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	8.84680	4323%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	0.01417	1317%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	48.3906	96681%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	125.8087	6190%	4	4	3	4	19	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 34*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-7*

PAM-7 (EMP 5)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.1	0%	1	1	4	4	11	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.48	62%	3	3	4	4	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2874.00	15%	2	3	4	4	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1156.91	16%	2	1	4	4	12	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	57.246	1045%	4	4	4	4	20	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	2.84018	2740%	4	4	4	4	20	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.38702	3770%	4	4	4	4	20	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0061	0%	1	4	4	4	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.45442	1127%	4	4	4	4	20	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	480.7217	9514%	4	4	4	4	20	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	10.05567	4928%	4	4	4	4	20	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	4	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0875	75%	3	4	4	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	141.9161	6996%	4	4	4	4	20	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 35*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-14*

PAM-14 (EMP 6)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		Peligrosidad		Extensión	Población afectada	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %	C	P	Eh	P		
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	11.4	0%	1	1	3	4	10	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.35	64%	3	3	3	4	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2536.00	1%	1	3	3	4	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1092.49	9%	1	1	3	4	10	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	46.604	832%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.11352	14%	2	4	3	4	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.29475	2848%	4	4	3	4	19	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0049	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	1.32943	565%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	357.4001	7048%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	9.22659	4513%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	0.00016	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0995	99%	3	4	3	4	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	117.2588	5763%	4	4	3	4	19	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 36*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Humano Para el PAM-17*

PAM-17 (EMP 7)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada P	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	10.6	0%	1	1	3	4	10	2
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.44	62%	3	3	3	4	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	5370.00	115%	4	3	3	4	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	4061.92	306%	4	1	3	4	13	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	226.385	4428%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	15.29503	15195%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	1.75308	17431%	4	4	3	4	19	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0306	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	10.89779	5349%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	1700.8232	33916%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	29.35765	14579%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	3	4	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.3240	548%	4	4	3	4	19	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	536.9224	26746%	4	4	3	4	19	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

B. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno natural. A diferencia del entorno humano el cálculo en el entorno natural está condicionado a la afectación de la calidad del ambiente. Como ya se mencionó en la tabla N° 7 Este procedimiento se realiza como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad del ambiente} = C + 2(P) + E_n + CM$$

Se puede considerar en este caso las tablas N° 8 y 9 ya que los factores de cantidad y peligrosidad del entorno humano corresponden de igual manera al entorno natural; siguiendo esta secuencia se procede a desarrollar el factor de extensión y calidad del medio.

a) Cantidad (C)

Este factor en el ámbito del entorno natural viene a ser exactamente igual que en el entorno humano, por ende, está definido por la cantidad de una sustancia nociva presente en el entorno (para nuestro caso al agua superficial); en el presente estudio se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio SGS del Perú, tal como se resumen en la tabla N° 19. Posteriormente los valores obtenidos pasaron a ser contrastados con el ECA-agua categoría 3-D1 (riego de vegetales), para finalmente efectuar la correspondiente valoración según el nivel de porcentaje que se encuentra por encima de lo permitido por la norma, como ya lo señala la tabla N° 8. En ese entender se presenta la tabla N° 37 que muestra el comportamiento del factor cantidad para los escenarios de riesgo pertenecientes a los siete PAM en el entorno natural.

Tabla 37*Estimación del Factor de Cantidad Para el Entorno Natural*

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 01 (PAM-38)			EMP 02 (PAM-30)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.8	0%	1	13.1	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	7.44	0%	1	7.67	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	142.70	0%	1	339.00	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	33.46	0%	1	80.60	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	<0.003	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00033	0%	1	<0.00010	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00007	0%	1	0.00014	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	<0.0003	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.03204	0%	1	0.02993	0%	1

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.1721	0%	1	0.6017	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.04886	0%	1	0.30997	55%	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	<0.00009	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	<0.0006	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0045	0%	1	0.0371	0%	1

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 03 (PAM-5)			EMP 04 (PAM-1)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.5	0%	1	12.8	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	6.86	0%	1	2.31	64%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	169.20	0%	1	2859.00	14%	2
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	40.22	0%	1	1135.80	14%	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	0.009	0%	1	53.033	961%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00635	0%	1	6.40347	6303%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00005	0%	1	0.32398	3140%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	0.0075	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	<0.00009	0%	1	2.63128	1216%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	4.7470	0%	1	467.7645	9255%	4

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.21929	10%	2	8.84680	4323%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	0.01417	1317%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	48.3906	96681%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0093	0%	1	125.8087	6190%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 05 (PAM-7)			EMP 06 (PAM-14)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)	Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.1	0%	1	11.4	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	2.48	62%	3	2.35	64%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2874.00	15%	2	2536.00	1%	1
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1156.91	16%	2	1092.49	9%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	57.246	1045%	4	46.604	832%	4

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	2.84018	2740%	4	0.11352	14%	2
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.38702	3770%	4	0.29475	2848%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0061	0%	1	0.0049	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.45442	1127%	4	1.32943	565%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	480.7217	9514%	4	357.4001	7048%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	10.05567	4928%	4	9.22659	4513%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	0.00016	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0875	75%	3	0.0995	99%	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	141.9161	6996%	4	117.2588	5763%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	EMP 7 (PAM-17)		
			Análisis	Variación %	Cantidad (C)
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	10.6	0%	1
Vertimiento de aguas ácidas pH	pH	<6.5-8.5>	2.44	62%	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	5370.00	115%	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	4061.92	306%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	226.385	4428%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	15.29503	15195%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	1.75308	17431%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0306	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	10.89779	5349%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	1700.8232	33916%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	29.35765	14579%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.3240	548%	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	536.9224	26746%	4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

b) Peligrosidad (P)

Para el entorno natural es importante tener en cuenta ciertas consideraciones del factor peligrosidad, como por ejemplo, que es muy sensible la capacidad de un ecosistema o cierto componente ambiental (como es el caso del agua superficial) para soportar ciertas perturbaciones o cambios ocasionados por acciones antrópicas, sin sufrir alteraciones considerables (en su estructura, composición, función, diversidad y dinámica) que le limiten poder lograr un equilibrio dinámico donde se conserve un nivel aceptable en su estructura y función; tal es así, que cuando existe una ligera o brusca variación de valores aceptables (parámetros consignados en el ECA), varios organismos (animales y vegetales) que viven en el agua o tienen contacto con ella se verán gravemente afectados, ya que muchos de estos organismos no toleran gradientes o variaciones de ciertos parámetros. En este punto también es importante hacer uso de la tabla N° 9; y teniendo en cuenta la particularidad de cada parámetro que afecta la calidad del agua superficial se llevó a cabo la valoración de peligrosidad, para los escenarios de riesgo del entorno natural, considerando a los siete PAM. Por lo ya mencionado, resultó idóneo la asignación del valor de 4 (muy tóxica), detallándose mejor en la tabla siguiente.

Tabla 38*Estimación del Factor de Peligrosidad Para el Entorno Natural*

Parámetro	Escenario de Riesgo	Peligrosidad	
		Valor	Caracterización
Temperatura	Vertimiento de aguas ácidas	4	Muy tóxico
pH	Vertimiento de aguas ácidas	4	Muy tóxico
Conductividad Eléctrica	Vertimiento de aguas ácidas	4	Muy tóxico
Sulfatos	Vertimiento de aguas ácidas	4	Muy tóxico
Aluminio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Arsénico Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Cadmio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Cromo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Cobre Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Hierro Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Manganeso Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Mercurio Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Plomo Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico
Zinc Total	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Muy tóxico

Nota. Fuente: Elaboración propia.

c) Extensión (En)

Se puede afirmar que el factor extensión hace referencia al área o espacio físico en donde va a tener influencia el impacto, afectando de esta manera el entorno natural para ello conviene valerse de los criterios recogidos en la tabla N° 12.

Los siete pasivos ambientales mineros en evaluación generan lixiviados, drenajes permanentes y/o propician la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; por consiguiente, estos drenajes (cargados de contaminantes) en su totalidad desembocan en la microcuenca del río Pasacancha, que a su vez, este, siguiendo su trayectoria aguas abajo, afecta varios centros poblados que se ubican en las partes más bajas, hasta llegar al río Sihuas, recorriendo en todo este tramo una distancia de 9.5 km. Así también en épocas de invierno (diciembre a marzo), los caudales de los drenajes rebasan los canales, llegando aguas contaminadas a los terrenos, cultivos, pastos, etc. En el marco de este contexto, y por la influencia del impacto en una gran distancia (mayor a 1 km) se le asignó un valor de 4 al factor extensión para todos los escenarios de riesgo de los siete PAM en el entorno natural.

d) Calidad del medio (CM)

La calidad del medio involucra a la cantidad de componentes del ambiente (tales como agua, suelo y/o aire) que puedan ser afectados por alguna fuente contaminante, esto en base a los parámetros definidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-agua) para determinar el grado de afectación; no obstante, para los objetivos que se persigue en la presente investigación solamente se valoró al agua superficial como único componente ambiental afectado; para estos efectos se utilizó la tabla N° 13.

En lo que respecta a la valoración de la calidad del medio (CM), como ya se mencionó, es importante considerar que los parámetros consignados en el ECA –agua, son variables que definen los escenarios de riesgo para todos los PAM en evaluación, en ese sentido, cuando a partir de los resultados de laboratorio se advierte que hay parámetros que están por encima de los valores aceptables, podemos decir que el componente ambiental de agua superficial viene siendo afectado.

Por las razones antes mencionadas, y luego de verificar la tabla N° 19, se vio por conveniente asignar el valor de **1** a los parámetros que no exceden el ECA–agua y el valor de **2** a los que exceden la citada norma.

Por último, y acorde a la fórmula ya presentada, una vez hallado los valores de cada factor (cantidad, extensión, peligrosidad y calidad del medio) correspondientes a los escenarios de riesgo de los PAM en evaluación (PAM-1, PAM-5, PAM-7, PAM-14, PAM-17, PAM-30 y PAM-38) en el entorno natural, se procedió realizar la sumatoria y su correspondiente valoración, donde el valor de la gravedad va del 1 al 5, remarcando que el valor de 1 es una gravedad no relevante y el valor de 5 una gravedad crítica conforme la tabla N° 15, tal como se presenta en las tablas siguientes.

Tabla 39*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-38*

PAM-38 (EMP 1)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.8	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	7.44	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	142.7	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	33.46	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00033	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00007	0%	1	4	4	1	14	3

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.03204	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.1721	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.04886	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0045	0%	1	4	4	1	14	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 40*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-30*

PAM-30 (EMP 2)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	13.1	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	7.67	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	339.00	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	80.60	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	<0.003	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	<0.00010	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00014	0%	1	4	4	1	14	3

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	0.02993	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	0.6017	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.30997	55%	3	4	4	2	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0371	0%	1	4	4	1	14	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 41*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-5*

PAM-5 (EMP 3)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.5	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	6.86	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	169.20	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	40.22	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	0.009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.00635	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.00005	0%	1	4	4	1	14	3

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	<0.0003	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	4.7470	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	0.21929	10%	2	4	4	2	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	<0.0006	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	0.0093	0%	1	4	4	1	14	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 42*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-1*

PAM-1 (EMP 4)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.8	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas Ph	Ph	<6.5-8.5>	2.31	64%	3	4	4	2	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2859.00	14%	2	4	4	2	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1135.80	14%	2	4	4	2	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	53.033	961%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	6.40347	6303%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.32398	3140%	4	4	4	2	18	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0075	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.63128	1216%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	467.7645	9255%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	8.84680	4323%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	0.01417	1317%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	48.3906	96681%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	125.8087	6190%	4	4	4	2	18	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 43*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-7*

PAM-7 (EMP 5)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	12.1	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.48	62%	3	4	4	2	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2874.00	15%	2	4	4	2	16	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1156.91	16%	2	4	4	2	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	57.246	1045%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	2.84018	2740%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.38702	3770%	4	4	4	2	18	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0061	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	2.45442	1127%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	480.7217	9514%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	10.05567	4928%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0875	75%	3	4	4	2	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	141.9161	6996%	4	4	4	2	18	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 44*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-14*

PAM-14 (EMP 6)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	11.4	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.35	64%	3	4	4	2	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	2536.00	1%	1	4	4	2	15	4
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	1092.49	9%	1	4	4	2	15	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	46.604	832%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	0.11352	14%	2	4	4	2	16	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	0.29475	2848%	4	4	4	2	18	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0049	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	1.32943	565%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	357.4001	7048%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	9.22659	4513%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	0.00016	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.0995	99%	3	4	4	2	17	4
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	117.2588	5763%	4	4	4	2	18	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 45*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Natural Para el PAM-17*

PAM-17 (EMP 7)										
Escenario de Riesgo	Unidades	ECA	Cantidad		C	Peligrosidad P	Extensión En	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
			Análisis	Variación %						
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	°C	Δ 3	10.6	0%	1	4	4	1	14	3
Vertimiento de aguas ácidas pH	Ph	<6.5-8.5>	2.44	62%	3	4	4	2	17	4
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	uS/cm	2500	5370.00	115%	4	4	4	2	18	5
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	mg/L	1000	4061.92	306%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Aluminio Total	mg/L	5	226.385	4428%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Arsénico Total	mg/L	0.1	15.29503	15195%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cadmio Total	mg/L	0.01	1.75308	17431%	4	4	4	2	18	5

Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cromo Total	mg/L	0.1	0.0306	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Cobre Total	mg/L	0.2	10.89779	5349%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Hierro Total	mg/L	5	1700.8232	33916%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Manganeso Total	mg/L	0.2	29.35765	14579%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.00009	0%	1	4	4	1	14	3
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Plomo Total	mg/L	0.05	0.3240	548%	4	4	4	2	18	5
Liberación de drenaje cargado de contaminantes Zinc Total	mg/L	2	536.9224	26746%	4	4	4	2	18	5

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

C. Estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico. Con la finalidad de poder llevar a cabo este procedimiento, se trabajó con dos escenarios de riesgo: El escenario de riesgo social y el escenario de riesgo económico, donde hacen referencia a los conflictos socioambientales y la afectación de la agricultura respectivamente. Como ya se hizo mención anteriormente, y según se muestra en la tabla N° 7, el cálculo de la estimación de la gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico está dado de la siguiente manera:

$$\text{Socioeconómico} = C + 2(P) + E_n + Pcp$$

a) Cantidad (C)

En lo que respecta este factor para el escenario de riesgo social, hace referencia a la cantidad de conflictos socioambientales que tuvieron lugar en la zona a causa de la contaminación generada por los pasivos ambientales mineros y que fueron debidamente recogidos y reportados por la Defensoría del Pueblo. En ese sentido para poder determinar los criterios de valoración se tuvo en consideración la ocurrencia de conflictos socioambientales; ver tabla N° 46, teniéndose para este caso que en la provincia de Sihuas desde el año 2014 a la fecha solamente ocurrió un conflicto en el período 2014 de tipo electoral (distrito de Acobamba) y un conflicto por otros asuntos en el 2019 en el distrito de Sihuas (Ver Anexo L: Respuesta de la Defensoría del Pueblo a la solicitud de información sobre la cantidad de conflictos socioambientales en los últimos 10 años en la provincia de Sihuas – Ancash).

Por último considerando lo mencionado se determinó asignar el valor de 1 al factor de cantidad para el escenario de riesgo social en los 7 PAM en evaluación, ya que, si bien es cierto, el departamento de Ancash encabeza la lista con mayor presencia de conflictos sociales a nivel del país, en la provincia de Sihuas en específico, se ha

evidenciado una cantidad mínima según la Defensoría del Pueblo; esto se debería principalmente a que no hay mucha presencia de actividades mineras en la zona; sin embargo, quedan los PAM de ex unidades mineras que operaron anteriormente como es el caso de la EUM Halcón (los conflictos podrían estar en una fase latente), del mismo modo también se evidencia la presencia de algunas empresas mineras en la zona que se encuentran en la fase de exploración.

Tabla 46

Factor de Cantidad Para el Escenario de Riesgo Social

Conflictos sociales	Cantidad	
	Valor	Caracterización
Mayor a 2 conflictos en 5 años	4	Muy alta
2 conflictos en 5 años	3	Alta
1 conflictos en 5 años	2	Poco
Ningún conflicto	1	Muy poco

Nota. Tomado de Cervantes y Quito (2019).

En esa misma línea, el factor cantidad referido al escenario de riesgo económico, hace alusión al empleo de aguas no aptas provenientes de pasivos mineros en la actividad agrícola. Por esta razón se determinó hacer uso de la tabla N° 47, donde se valora la cantidad teniendo en cuenta principalmente el porcentaje de áreas agrícolas que vienen siendo regadas por aguas impactadas que provienen de los PAM.

Por consiguiente, se asignó el valor de 2 para la cantidad en el escenario de riesgo económico para los 7 PAM, ya que el agua destinada para la agricultura en la localidad de Pasacancha proviene de un manantial en menor cuantía y del río del mismo nombre de la parte alta, donde aún no tienen incidencia los drenajes de los pasivos mineros, y

son conducidos por canales para el riego de los cultivos de la zona; sin embargo, como ya se mencionó anteriormente las lluvias son intensas en los meses de diciembre a marzo, siendo la razón ello que las aguas que provienen de los pasivos se recarguen considerablemente y se desborden llegando afectar notables áreas de uso agrícola.

Tabla 47

Factor de Cantidad Para el Escenario de Riesgo Económico

Riego de áreas agrícolas	Cantidad	
	Valor	Caracterización
Entre un 76 a 100% del área agrícola es regada por la fuente contaminante	4	Muy alta
Entre un 51 a 75% del área agrícola es regada por la fuente contaminante	3	Alta
Entre un 26 a 50% del área agrícola es regada por la fuente contaminante	2	Poco
Si menos del 25% del área agrícola es regada por la fuente contaminante	1	Muy poco

Nota. Tomado de Cervantes y Quito (2019).

b) Peligrosidad (P)

De la misma manera que en el factor cantidad, la Peligrosidad se evaluó en los dos escenarios de riesgo: económico y social.

En lo que al escenario de riesgo social respecta, se evaluó teniendo en cuenta como criterio las fases en las que se encontrarían los conflictos; ver tabla N° 48, acorde a los reportes de la Defensoría del Pueblo, considerando para ello los factores de peligrosidad, tal como se presenta en el Anexo K.

Como ya se recalcó, en la provincia de Sihuas desde el año 2014 a la fecha solamente ocurrió un conflicto en el período 2014 de tipo electoral (distrito de Acobamba) y un

conflicto por otros asuntos en el 2019 en el distrito de Sihuas (Ver Anexo L) el cual si bien es cierto ocurrió en la provincia de Sihuas, no tuvo lugar en la zona de estudio, ni se dio por problemas ambientales, deduciéndose de esta situación que los conflictos se encuentran en una fase latente; por este motivo se le puso el valor de 1 a la peligrosidad en el escenario de riesgo social.

Tabla 48

Factor de Peligrosidad Para el Escenario de Riesgo Social

Peligrosidad	Fases de conflictos sociales	Valor
Muy Peligroso	Fase de Crisis	4
Peligroso	Fase de escalamiento	3
Poco Peligroso	Fase temprana	2
No Peligroso	Conflicto latente	1

Nota. Tomado de Cervantes y Quito (2019).

Por otro lado, se considera de importancia al número de fuentes de agua ya que se usó como criterio para definir la peligrosidad en el escenario de riesgo económico; ver tabla N° 49, en ese sentido se asignó el valor de 2 a este factor puesto que la localidad de Pasacancha cuenta con el río Pasacancha de donde se aprovechan las aguas de la parte alta para la agricultura dado que las aguas de dicho lugar aún no tienen contacto con los pasivos mineros, de igual manera, también se hace uso en menor medida para estos fines, de una fuente de agua subterránea (manantial) situada en la parte superior del centro poblado.

Tabla 49

Factor de Peligrosidad Para el Escenario de Riesgo Económico

Fuentes de agua	Valor	
Depende de una sola fuente de riego no permanente (Riego estacional)	Muy Peligroso	4
Depende de una sola fuente de agua permanente	Peligroso	3
Tiene dos o más fuentes de riegos naturales	Poco Peligroso	2
Tiene fuentes naturales y fuentes de captación tecnificada	No Peligroso	1

Nota. Tomado de Cervantes y Quito (2019).

Como resumen se presenta la tabla N° 50, donde se puede evidenciar los valores atribuidos al factor de peligrosidad en los dos escenarios: Social y económico; siendo los mismos para los 7 PAM en evaluación.

Tabla 50

Valoración de la Peligrosidad en el Entorno Socioeconómico

Evento	Escenario de Riesgo	Valor de peligrosidad	
Presencia de sustancias tóxicas en las aguas superficiales	Escenario de Riesgo Social. Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	1	Cualquier conflicto por parte de la población en estado latente.
Presencia de sustancias tóxicas en las aguas superficiales	Escenario de Riesgo Económico. Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM.	2	El área de estudio cuenta con más de dos fuentes naturales para riego

Nota. Fuente: Elaboración propia.

c) Extensión (En)

Tanto en el entorno socioeconómico como en el entorno natural el factor extensión (En) viene a ser exactamente igual, ello con el afán de mantener la línea metodológica con la que se viene trabajando, en tal sentido acorde a la valoración, corresponde un valor de 4 a este factor ya sea para el escenario de riesgo social como económico para los 7 pasivos ambientales mineros.

d) Patrimonio y capital productivo (Pcp)

La estimación de este factor guarda mucha relación con la pérdida del cuerpo receptor, y este evento ocurre cuando la totalidad de los parámetros evaluados superan los valores establecidos en el ECA; ver tabla N° 14, para mayor esclarecimiento de los criterios de valoración. De igual modo destacar que son catorce (14) parámetros en evaluación que fueron contrastados con el ECA- agua. Es importante también señalar que en la tabla N° 19, se detalla el porcentaje de parámetros que superan el ECA por cada PAM.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la valoración producto del análisis de las tablas N° 14 y 19.

Tabla 51

Estimación del Capital Productivo Para el Entorno Socioeconómico

	PAM-38	PAM-30	PAM-5	PAM-1	PAM-7	PAM-14	PAM-17
Cantidad % de parámetros que superan el ECA	0%	7%	7%	86%	79%	79%	79%
Valor del Pcp	1	1	1	3	3	3	3

Nota. Adaptado de Cervantes y Quito (2019).

Tabla 52

Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-38

PAM-38 (EMP 1)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	1	11	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	1	8	2	

Nota. En esta tabla, al igual que en las seis siguientes (tablas N° 53, 54, 55, 56, 57 y 58) se aplicó criterios similares de valoración del entorno humano y natural para determinar la gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico, utilizando para ello la fórmula presentada en el *Ítem 4.3.1.5.3* con sus respectivos factores y la tabla N° 15, pudiendo de esta manera estimar la gravedad correspondiente. Fuente: Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 53*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico para el PAM-30*

PAM-30 (EMP 2)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	1	11	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	1	8	2	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 54*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-5*

PAM-5 (EMP 3)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	1	11	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	1	8	2	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 55*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-1*

PAM-1 (EMP 4)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	3	13	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	3	10	2	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 56*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-7*

PAM-7 (EMP 5)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	3	13	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	3	10	2	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 57*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-14*

PAM-14 (EMP 6)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	3	13		3
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	3	10		2

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 58*Gravedad de las Consecuencias en el Entorno Socioeconómico Para el PAM-17*

PAM-17 (EMP 7)											
Entorno	Escenario de Riesgo	Cantidad		Peligrosidad		Extensión		Patrimonio		Valoración	Gravedad
		Unidades	Análisis	ECA	C	P	En	Pcp			
Socio-económico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	-	-	-	2	2	4	3	13	3	
	Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	-	-	-	1	1	4	3	10	2	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

4.3.1.6 Estimación del riesgo ambiental de los PAM en evaluación. Como ya se puntualizó en el *Ítem 3.7.1.3* y la figura N° 2, la estimación del riesgo según la metodología de la guía del MINAM, está definido como el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias (variables ya calculadas y/o valoradas en los apartados precedentes *4.3.1.4* y *4.3.1.5*), realizándose este procedimiento para cada PAM en los tres entornos (humano, natural y socioeconómico).

Según la tabla N° 16, donde se aprecia la escala en la evaluación del riesgo ambiental, evidenciándose valores matriciales distribuidos en rangos que van desde el 1 hasta el 25 y promedios porcentuales con valores de 10.5; 42 y 82 por ciento; por consiguiente, en base a esta herramienta matricial, se procedió estimar el riesgo ambiental de cada escenario de riesgo ya descritos con anterioridad para los entornos humano, natural y socioeconómico para cada PAM.

Recalcando que la estimación del riesgo ambiental resulta del producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias; podemos indicar en base a la tabla N° 26, que la probabilidad para los escenarios de riesgo del PAM-38 (cuyo código del punto de monitoreo es EMP 1) tiene el valor de 5, ya que por dicho pasivo minero circula agua permanente que baja de zonas más altas y al pasar por la superficie del PAM disuelve y arrastra algunos contaminantes presentes en el área. De la misma manera, se hizo uso de las tablas N° 30; 39 y 52, para determinar la gravedad. Por último, en las siguientes tres tablas se puede visualizar la estimación del riesgo ambiental de los escenarios de riesgo para los tres entornos para el PAM-38, considerando para tal fin lo precisado en la tabla N° 16.

Tabla 59*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Humano*

Peligro: PAM-38				
Escenario de Riesgo	Probabilidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	2	10	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	2	10	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	3	15	42
Promedio equivalente para el entorno humano				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 60*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-38				
Escenario de Riesgo	Probabilidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	3	15	42
Promedio equivalente para el entorno natural				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 61

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-38 (EMP 1) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-38				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Bajo la misma secuencia trabajada en el PAM-38 y considerando lo precisado en la tabla N° 16; en las tres tablas siguientes se aprecia la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-30; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 5 por ser una bocamina con drenaje permanente y las tablas N° 31; 40 y 53 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias.

Tabla 62*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Humano*

Peligro: PAM-30				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	2	10	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	2	10	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	3	15	42
Promedio equivalente para el entorno humano				44.86

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 63*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-30				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	3	15	42
Promedio equivalente para el entorno natural				44.86

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 64

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-30 (EMP 2) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-30				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Nuevamente considerando lo detallado en la tabla N° 16; en las tres tablas siguientes se aprecia la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-5; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 5 por ser una bocamina con drenaje permanente y las tablas N° 32; 41 y 54 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias.

Tabla 65

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Humano

Peligro: PAM-5				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	2	10	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	2	10	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	4	20	82
Promedio equivalente para el entorno humano				70.57

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 66*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-5				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	3	15	42
Promedio equivalente para el entorno natural				44.86

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 67

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-5 (EMP 3) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-5				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Teniendo en cuenta lo ya expuesto en la tabla N° 16; en las tres tablas siguientes se aprecia la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-1; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 4 por ser una relavera y no presentar drenaje permanente y las tablas N° 33; 42 y 55 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias.

Tabla 68*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Humano*

Peligro: PAM-1				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	4	2	8	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	4	4	16	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	4	4	16	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	4	3	12	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	4	4	16	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	4	5	20	82
Promedio equivalente para el entorno humano				76.28

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 69*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-1				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	4	3	12	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	4	4	16	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	4	4	16	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	4	4	16	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	4	3	12	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	4	5	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	4	5	20	82
Promedio equivalente para el entorno natural				76.28

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 70

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-1 (EMP 4) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-1				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	4	3	12	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	4	2	8	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Teniendo presente la tabla N° 16 (Establecimiento del nivel de riesgo en la escala de significancia del riesgo ambiental); en las tres tablas siguientes se aprecia la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-7; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 5 por ser una bocamina y presentar drenaje continuo y las tablas N° 34; 43 y 56 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias.

Tabla 71*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Humano*

Peligro: PAM-7				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno humano				76.28

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 72*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-7				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno natural				73.43

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 73

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-7 (EMP 5) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-7				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

En esa misma línea y nuevamente considerando la tabla N° 16; en las siguientes tres tablas se aprecia la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-14; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 5 por ser una bocamina y presentar drenaje permanente (durante todo el año) y las tablas N° 35; 44 y 57 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias.

Tabla 74

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Humano

Peligro: PAM-14				
Escenario de Riesgo	Probabilidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	2	10	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	2	10	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno humano				73.43

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 75

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Natural

Peligro: PAM-14				
Escenario de Riesgo	Probabilidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno natural				73.43

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 76

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-14 (EMP 6) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-14				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Por último, señalar que las tres tablas siguientes muestran la estimación del riesgo ambiental de todos los escenarios de riesgo en los tres entornos para el PAM-17; para ello se tuvo en cuenta la tabla N° 26 para la probabilidad, que resultó 5 por ser una bocamina y presentar drenaje continuo, y las tablas N° 36; 45 y 58 para el cálculo de la gravedad de las consecuencias. Asimismo, y no menos importante indicar que también se utilizó la tabla N° 16 para contrastar los valores del producto (probabilidad y gravedad) en la escala de evaluación de riesgo ambiental.

Tabla 77*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Humano*

Peligro: PAM-17				
Escenario de Riesgo	Probabilidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	2	10	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	4	20	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno humano				76.28

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 78*Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Natural*

Peligro: PAM-17				
Escenario de Riesgo	Probabi- lidad	Gravedad de las consecuencias	Riesgo Ambiental	Porcentaje promedio de Riesgo Ambiental
Vertimiento de aguas ácidas Temperatura	5	3	15	42
Vertimiento de aguas ácidas pH	5	4	20	82
Vertimiento de aguas ácidas Conductividad Eléctrica	5	5	25	82
Vertimiento de aguas ácidas Sulfatos	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Aluminio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Arsénico Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cadmio Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cromo Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Cobre Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Hierro Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Manganeso Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Mercurio Total)	5	3	15	42
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Plomo Total)	5	5	25	82
Liberación de drenaje cargado de contaminantes (Zinc Total)	5	5	25	82
Promedio equivalente para el entorno natural				73.43

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Tabla 79

Estimación del Riesgo Ambiental del PAM-17 (EMP 7) Para el Entorno Socioeconómico

Peligro: PAM-17				
Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo Ambiental
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM	5	3	15	42
Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	5	2	10	42
Promedio equivalente para el entorno socioeconómico				42

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

4.3.1.7 Evaluación del riesgo ambiental. Continuando con el cumplimiento de los criterios de la metodología y realizado el proceso de estimación del riesgo ambiental; se procedió representar el grado de significancia del riesgo que proviene de los escenarios de riesgo de los 7 pasivos mineros para el entorno humano, natural y socioeconómico conforme a la figura N° 3 y tabla N° 16. Se elaboraron, por consiguiente, tablas de doble entrada (probabilidad vs gravedad) donde los colores ya tienen una distribución definida, siendo el verde indicador de un riesgo leve, el amarillo de un riesgo moderado y el rojo de un riesgo significativo. En consecuencia, resulta de muy fácil lectura, comprensión e interpretación de las siguientes figuras, ya que por ejemplo; según el valor de un parámetro (escenario de riesgo) que resultó de la estimación del riesgo, si fuese el caso y le correspondiese una casilla (probabilidad vs gravedad) de color verde, se puede colegir que la generación de drenajes con una variación significativa de dicho parámetro representa un riesgo leve, del mismo modo si el valor calculado para el parámetro en evaluación le corresponde una casilla de color amarillo se puede afirmar que se estaría graficando un riesgo moderado; por último, si se logra ubicar en la casilla de color rojo, es correcto confirmar la representación de un riesgo significativo; la lógica que guarda este postulado se aplica de igual forma en los tres entornos y para cada pasivo ambiental minero.

Se exhibe a continuación las figuras N° 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27 que dan cuenta lo ya expuesto; ubicación de los parámetros (escenarios de riesgo) según sus valores calculados (durante la estimación del riesgo ambiental) en las figuras (tablas de doble entrada), esto para cada PAM en los tres entornos, lo cual nos permite visualizar mejor el grado de significancia del riesgo que proviene de los escenarios de riesgo de los 7 pasivos mineros para el entorno humano, natural y socioeconómico.

Figura 7*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Humano*

PAM-38 (EMP 1): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		°T, SO4	pH, CE, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).**Figura 8***Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Natural*

PAM-38 (EMP 1): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, SO4, pH, CE, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 9

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38 en el Entorno Socioeconómico

PAM-38 (EMP 1): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad \ Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 10

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Humano

PAM-30 (EMP 2): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		°T, SO4	pH, CE, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn	Mn	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 11

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Natural

PAM-30 (EMP 2): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, SO4, pH, CE, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn	Mn	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 12

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30 en el Entorno Socioeconómico

PAM-30 (EMP 2): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 13*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Humano*

PAM-5 (EMP 3): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		°T, SO4	pH, CE	Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).**Figura 14***Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Natural*

PAM-5 (EMP 3): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, SO4, pH, CE, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn	Mn	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 15

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5 en el Entorno Socioeconómico

PAM-5 (EMP 3): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad \ Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 16

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Humano

PAM-1 (EMP 4): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4		°T	SO4	pH, CE, Cr	Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn
5					

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 17

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Natural

PAM-1 (EMP 4): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4			°T, Cr	pH, CE, SO4,	Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg, Pb, Zn
5					

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 18*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1 en el Entorno Socioeconómico*

PAM-1 (EMP 4): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		
5					

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 19

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Humano

PAM-7 (EMP 5): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, SO4	pH, CE, Cr, Hg	Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 20

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Natural

PAM-7 (EMP 5): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, Cr, Hg	pH, CE, SO4, Pb	Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 21

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7 en el Entorno Socioeconómico

PAM-7 (EMP 5): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 22

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Humano

PAM-14 (EMP 6): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		°T, SO4	CE	pH, As, Cr, Hg	Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 23

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Natural

PAM-14 (EMP 6): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, Cr, Hg	pH, CE, SO4, As, Pb	Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 24

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14 en el Entorno Socioeconómico

PAM-14 (EMP 6): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad \ Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 25*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Humano*

PAM-17 (EMP 7): ENTORNO HUMANO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		°T	SO ₄	pH, CE, Cr, Hg	Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).**Figura 26***Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Natural*

PAM-17 (EMP 7): ENTORNO NATURAL					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5			°T, Cr, Hg	pH	CE, SO ₄ , Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Figura 27

Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17 en el Entorno Socioeconómico

PAM-17 (EMP 7): ENTORNO SOCIOECONÓMICO					
Gravedad Probabilidad	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5		Surgimiento de conflictos socioambientales ocasionados por el descontento de los pobladores ya que no se implementan acciones de remediación de PAM.	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas que provienen de PAM		

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

4.3.1.8 Caracterización del riesgo ambiental. Se puede alegar que la caracterización del riesgo ambiental es una de las etapas más importantes dado que a partir de lo ya trabajado con anterioridad, se va exponer y resumir de manera clara y precisa el nivel de riesgo ambiental para cada PAM. En consecuencia, en las siguientes tablas se procedió calcular el nivel de riesgo para cada pasivo minero mediante la media aritmética de los promedios equivalentes porcentuales de los entornos humano, natural y socioeconómico obtenidos en la etapa de la estimación del riesgo ambiental (*Ítem 4.3.1.6*), para finalmente acorde al valor obtenido asignarle la calificación correspondiente ya sea como riesgo leve, riesgo moderado o riesgo significativo conforme a la tabla N° 16.

A continuación, se muestra la tabla N° 80 en la que queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-38; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 59; 60 y 61) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-38.

Tabla 80*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-38*

PAM-38				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 1	Humano	42	42	42
	Natural	42	42	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Seguidamente, se muestra la tabla N° 81 en la que queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-30; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 62; 63 y 64) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 44.86 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 44.86 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-30.

Tabla 81*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-30*

PAM-30				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 2	Humano	44.86	42	42
	Natural	44.86	42	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

De igual manera en la tabla N° 82 queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-5; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 65; 66 y 67) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 70.57 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 44.86 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-5.

Tabla 82*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-5*

PAM-5				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 3	Humano	70.57	82	55
	Natural	44.86	42	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

En esa misma línea, en la tabla N° 83 queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-1; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 68; 69 y 70) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 76.28 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 76.28 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-1.

Tabla 83*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-1*

PAM-1				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 4	Humano	76.28	82	69
	Natural	76.28	82	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Continuando, en la tabla N° 84 queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-7; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 71; 72 y 73) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 76.28 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 73.43 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-7.

Tabla 84*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-7*

PAM-7				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 5	Humano	76.28	82	69
	Natural	73.43	82	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

En la tabla N° 85 queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-14; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 74; 75 y 76) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 73.43 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 73.43 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-14.

Tabla 85*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-14*

PAM-14				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 6	Humano	73.43	82	69
	Natural	73.43	82	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

Por último, siguiendo la metodología en la tabla N° 86 queda representado el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-17; en ese sentido los promedios equivalentes porcentuales de los tres entornos (tomados de las tablas N° 77; 78 y 79) fueron contrastados con los valores de la tabla N° 16, obteniéndose que; al valor promedio equivalente porcentual de 76.28 por ciento en el entorno humano le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento, por otro lado, al valor promedio equivalente porcentual de 73.43 por ciento en el entorno natural le corresponde un riesgo con valor promedio de 82 por ciento y por último al valor promedio equivalente porcentual de 42 por ciento en el entorno socioeconómico le corresponde un riesgo con valor promedio de 42 por ciento. Por otra parte, como ya se mencionó, el resultado que se obtiene de la media aritmética de los promedios porcentuales de los tres entornos, viene a ser el nivel de riesgo ambiental que genera el PAM-17.

Tabla 86*Riesgo Ambiental que Genera el PAM-17*

PAM-17				
Punto de monitoreo	Entorno	Promedio equivalente porcentual (%)	Promedio del riesgo (%)	Riesgo Ambiental del PAM (%)
EMP 7	Humano	76.28	82	69
	Natural	73.43	82	
	Socioeconómico	42	42	

Nota. Adaptado de la Guía del MINAM (2010).

4.3.1.9 Priorización de los pasivos ambientales mineros. Luego de haber cumplido estrictamente con la ejecución de los lineamientos y criterios de la metodología de la Guía del MINAM (2010), se expone la tabla N° 87, donde a partir de los valores de riesgo obtenidos de las tablas N° 80; 81; 82; 83; 84; 85; 86 y su correspondiente comparación con la tabla N° 16, se puede acotar lo siguiente: El PAM-5 (bocamina), el PAM-30 (bocamina) y el PAM-38 (tajo) representan un riesgo moderado para la calidad del agua superficial mientras que el PAM-1 (relaves), el PAM-7 (bocamina), el PAM-14 (bocamina) y el PAM-17 (bocamina) representan un riesgo significativo en la calidad del agua superficial. Es conveniente en consecuencia, implementar acciones por parte de las entidades competentes en el corto y mediano plazo a fin de iniciar los procesos de remediación de estos pasivos mineros que generan riesgos significativos sobre la calidad del agua superficial en la localidad de Pasacancha, distrito de Cashapampa y provincia de Sihuas en la región Ancash.

Tabla 87*Resultados Finales de la Evaluación y Priorización de PAM*

Código (ID), según el inventario de PAM (RM N° 335-2022-MINEM/DM)	Código del punto de monitoreo	Código asignado (PAM del área de estudio)	Tipo	Subtipo	Riesgo Ambiental del PAM (%)	Nivel de Riesgo
8381	EMP 4	PAM-1	Residuo minero	Relaves	69	Significativo
8375	EMP 3	PAM-5	Labor minera	Bocamina	55	Moderado
5392	EMP 5	PAM-7	Labor minera	Bocamina	69	Significativo
5395	EMP 6	PAM-14	Labor minera	Bocamina	69	Significativo
5405	EMP 7	PAM-17	Labor minera	Bocamina	69	Significativo
5468	EMP 2	PAM-30	Labor minera	Bocamina	42	Moderado
5473	EMP 1	PAM-38	Labor minera	Tajo	42	Moderado

Nota. Acorde a los resultados finales obtenidos de la evaluación de riesgos, se puede concluir que los pasivos ambientales mineros que requieren una urgente remediación son el PAM-1, PAM-7, PAM-14 y el PAM-17 con códigos ID 8381, 5392, 5395 y 5405 respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Procedimiento para llevar a cabo la remediación de PAM que generan riesgos significativos

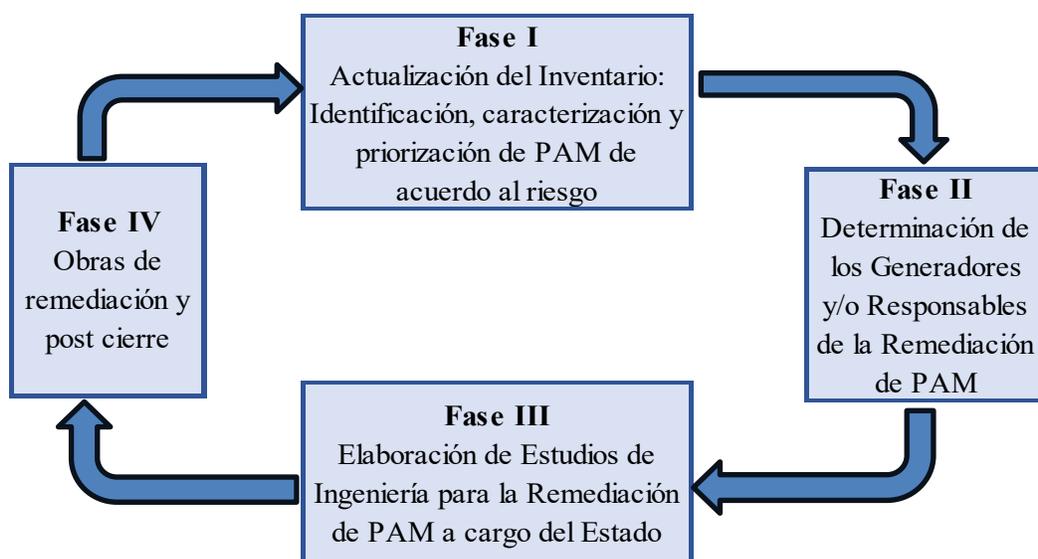
La actividad minera genera muchos conflictos sociales y resistencia por parte de las localidades afectadas, justamente por los malos antecedentes, ya que en el pasado se generaron PAM en todo el territorio peruano. Así, a lo largo de los años la minería se ha caracterizado por malas prácticas, carencia de normatividad ambiental, limitada o nula participación social. Tanto para el sector privado como para el Estado mejorar la percepción y la confianza en la actividad minera supone una gran oportunidad. Es conveniente por tanto construir un después que

consolide la participación de los distintos actores de interés (stakeholders) coadyuvando a la gobernanza y gobernabilidad como elementos imprescindibles en el desarrollo económico y social de países con sociedades fraccionadas y con índices altos de pobreza (Sotomayor, 2015).

Hay que tener en cuenta que, según el Reglamento de Pasivos Ambientales de la actividad minera aprobado mediante Decreto Supremo N° 059–2005–EM y modificatoria, se pueden intervenir los PAM de tres maneras; estas son mediante: Remediación, reaprovechamiento y reutilización, siendo estas dos últimas, actividades accesorias a la primera, y dependerá de las características de cada pasivo minero, del responsable, el interés del remediador voluntario, la participación ciudadana y el financiamiento disponible para optar por la opción más idónea. A continuación, se muestra las fases a tener en cuenta para lograr una gestión integral de pasivos ambientales mineros que plantea el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

Figura 28

Fases de la Gestión Integral de Pasivos Ambientales Mineros



Nota. MINEM, 2017

Al margen de la ilustración que muestra una visión general de las fases para una gestión integral de PAM; se procederá detallar el procedimiento para la gestión de los pasivos ambientales mineros de la EUM Halcón en la localidad de Pasacancha en particular. Se puede mencionar entonces que los PAM de la EUM Halcón en la actualidad se encuentran inventariados por el MINEM (RM N° 335-2022-MINEM-DM), sin embargo, en el mismo documento se aprecia que no se ha logrado identificar o definir al responsable para las acciones de cierre o remediación; por consiguiente, no se cuenta con ningún estudio ambiental y/o instrumento de gestión para estos pasivos mineros. Además, en el período 2014 hubo la intención de remediar los PAM de la Ex unidad Minera Halcón uniendo esfuerzos mediante convenio entre el Estado Peruano y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), sin embargo, este propósito no llegó a prosperar debido a que los criterios técnicos por parte de los especialistas japoneses difieren a las normas establecidas en nuestro país en cuanto a la concepción de los proyectos de inversión (Ver Anexo M: Respuesta de la Dirección General de Minería del MINEM, a la solicitud de Información sobre la situación del proyecto de remediación de los pasivos ambientales mineros de la EUM Halcón ubicados en el distrito de Cashapampa - Sihuas - Ancash). En este marco se puede colegir entonces que no existe proyecto alguno (en ninguna fase) por parte del Estado ni por remediadores voluntarios, propiciando con ello la contaminación crónica en la zona.

Acorde al artículo 20 del Reglamento en mención (modificatoria mediante Decreto Supremo N° 003-2009-EM); corresponde al Estado asumir la tarea de remediación de las áreas con pasivos ambientales mineros de la EUM Halcón en la localidad de Pasacancha, ya que no cuentan con responsables identificados ni remediadores voluntarios. Otro motivo secundario por el cual debería intervenir el Estado según el mismo artículo, es el de salvaguardar la debida tutela

del interés público, este criterio también se cumple a consecuencia de la problemática ya descrita y los resultados obtenidos, donde se evidencia el estado de abandono, así como la presencia de pasivos mineros que representan riesgos muy altos para la población aledaña. Lo señalado se condice con lo referido en el artículo 9 del Decreto Supremo N° 059–2005–EM, que a la letra subraya lo siguiente: *“La remediación por parte del Estado de áreas impactadas por pasivos ambientales mineros, se realiza de manera progresiva en función de los niveles de riesgo que representen, priorizándose la intervención de los pasivos que ocasionan mayores riesgos sobre la seguridad de las personas, la salud y la calidad del ambiente.”*

Como segundo paso ya teniendo en cuenta que la responsabilidad recae en el Estado; y considerando el artículo 30 del citado Reglamento, la misma que se expresa como sigue: *“El Estado podrá invocar el interés público para iniciar o reactivar subsidiariamente el cierre de un pasivo ambiental minero, cuando a criterio de la autoridad competente exista un alto riesgo y el responsable o titular no cumpla con iniciar la remediación del área afectada con PAM a su cargo”*. Corresponde por lo tanto incentivar la participación del gobierno local (Cashapampa) y regional (Ancash) para que de manera independiente o conjunta coadyuven en la invocación del interés público para el cierre o remediación de PAM a cargo del Estado mediante la solicitud al Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

En concordancia con lo señalado en el artículo 21 del mismo cuerpo legal; la solicitud al MINEM (correspondiente a la invocación del interés público para remediar los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que representen riesgos altos y muy altos), estará sustentado en un informe técnico (cumpliendo dicha función la presente investigación) basado en el análisis de riesgo en los entornos humano, natural y socioeconómico. Es importante indicar que, si bien es

cierto, en el presente estudio solamente se evalúa como único componente ambiental al agua superficial (no considerando suelo, ni aire), ello no implica que el presente estudio no pueda ser utilizado como sustento para los fines ya expuestos; todo lo contrario al obtener resultados fidedignos y confiables de la afectación de la calidad del agua superficial en la zona de estudio a causa de los PAM nos muestra una situación alarmante de contaminación; por consiguiente, queda advertir y conminar a las entidades competentes a ejecutar acciones inmediatas (de ser necesario estudios complementarios) con fines de llevar a afecto la remediación de los pasivos que representen riesgos significativos en la localidad de Pasacancha.

De considerar conveniente, el MINEM asignará por encargo la responsabilidad de remediar los PAM de la EUM Halcón, a la empresa pública Activos Mineros, para que ésta, a su vez pueda llevar a cabo el cierre o la intervención integral de remediación ambiental mediante el cumplimiento de las siguientes etapas: 1) Estructuración o diagnóstico técnico – social. 2) Estudios de ingeniería (Elaboración del Plan de Cierre del PAM, Formulación y Evaluación de Perfil, y la Elaboración de Expediente Técnico). 3) Ejecución de obras. 4) Post cierre. 5) Mantenimiento. 6) Certificado Ambiental de Cierre.

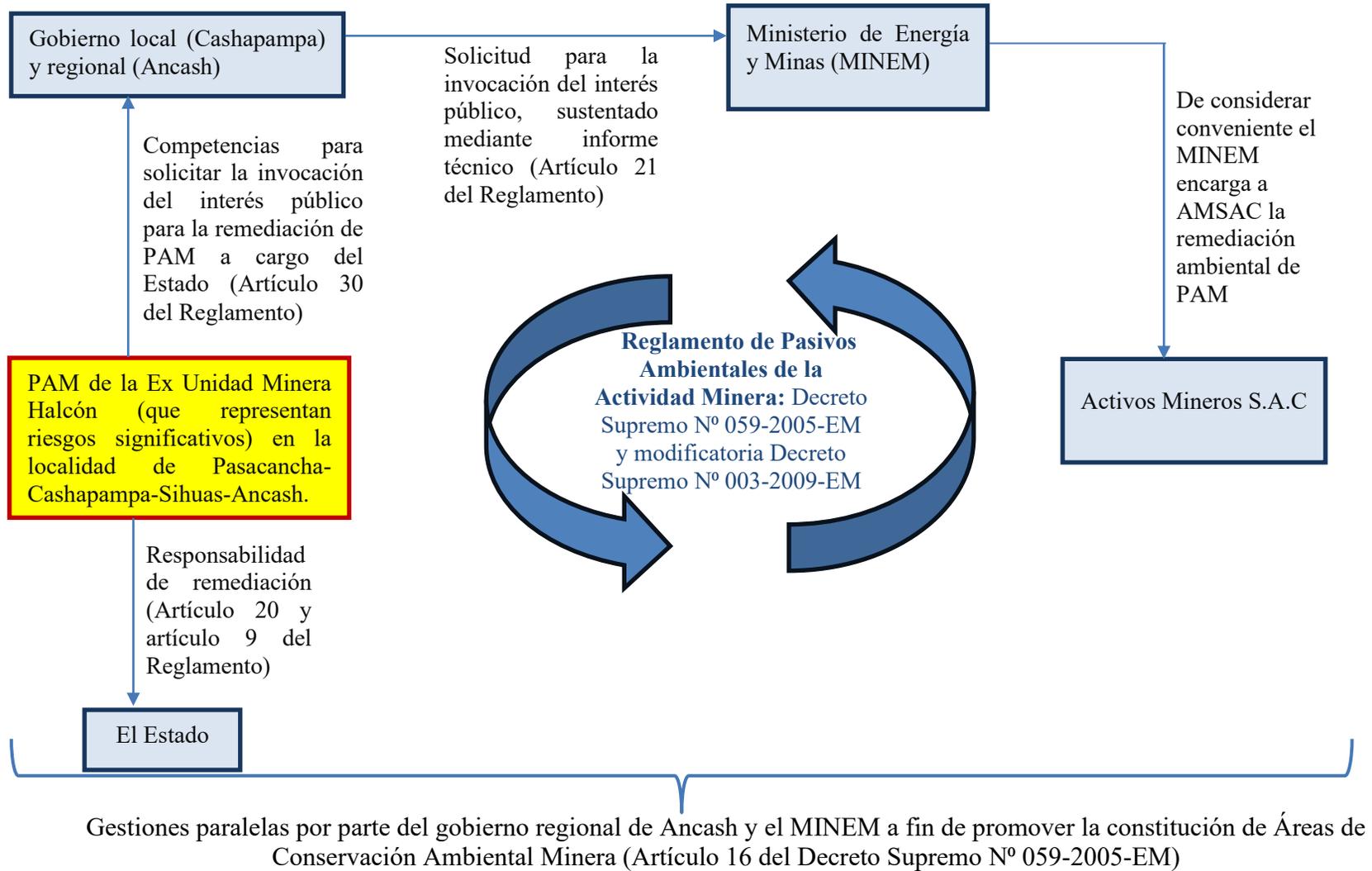
Por último, es también recomendable se inicie de forma paralela al procedimiento de invocación del interés público, las gestiones correspondientes (por parte del gobierno regional de Ancash y el MINEM) a fin de promover la constitución de Áreas de Conservación Ambiental Minera, a efectos de que las áreas afectadas por pasivos mineros en la localidad de Pasacancha, sean remediados de manera voluntaria por titulares distintos a los responsables de dicha remediación, por entidades de conservación nacionales o extranjeras, organizaciones no

gubernamentales y otras organizaciones de la sociedad civil; ello en atención al artículo 16 del Decreto Supremo N° 059 –2005–EM.

Es pertinente también considerar en la solicitud al MINEM, que se pueda desarrollar una evaluación integral de todos los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón y otros que se ubiquen en la microcuenca del río Pasacancha, esto debido a que existen gran cantidad de pasivos ambientales mineros como desmontes, bocaminas, tajos, chimeneas, piques plantas de procesamiento, entre otros, que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigación pero que también podrían estar generando riesgos importantes. En ese entender no se llegó a evaluar a todos los PAM por falta de presupuesto, por ubicarse algunos fuera del área de estudio, y por motivos de que al momento de la visita a campo no venían generando drenajes, lixiviados o escorrentía, ello se debería por la temporada básicamente (en el caso de las bocaminas, por ejemplo) ya que hay muchas bocaminas que se recargan en época de invierno y también impactan las aguas superficiales o como el caso de los desmontes que se evidencia en grandes volúmenes en las pendientes con potencial de erosión, colapso y contaminación por encontrarse cercanos al Centro Poblado.

Figura 29

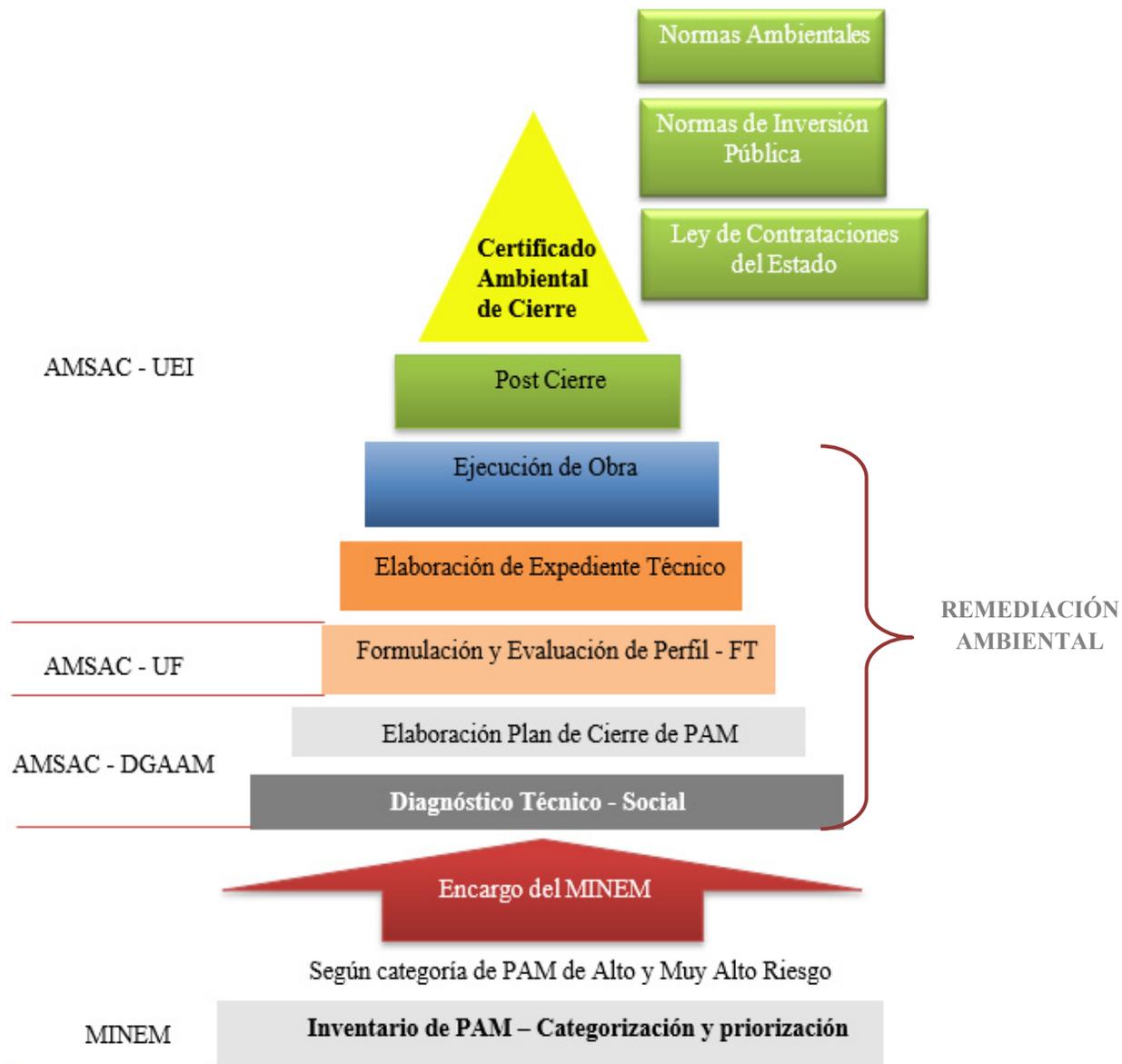
Esquema del Procedimiento Para Llevar a Cabo la Remediación Ambiental de los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

Etapas Para el Cierre o Intervención Integral Mediante Proyectos de Remediación Ambiental de PAM a Cargo de Activos Mineros S.A.C



Nota. Activos Mineros S.A.C (AMSAC), 2022

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta el planteamiento de la hipótesis, en donde se señala que la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha está expuesta a riesgos ambientales significativos que son generados por algunos pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón.; indicar que, la investigación abarcó los pasivos ambientales mineros establecidos en el inventario de PAM elaborado por el MINEM en el año 2022 y aprobado mediante Resolución Ministerial N° 335-2022-MINEM/DM, siendo el total de 76 PAM (de la Ex Unidad Minera Halcón) considerados en el citado inventario. De esta cantidad (76), no se consideró el total, puesto que solamente 38 PAM se encontraban al interior del área de estudio, siendo los mismo tomados como muestra. De esta última cantidad (38), únicamente se consideró 7 PAM para la evaluación de riesgos, por el drenaje que presentan o por sus características que afectan al agua superficial. En consecuencia, a partir de lo ya señalado, y luego de haber llevado a cabo la evaluación y priorización de PAM, se obtuvo como resultados finales lo siguiente: El PAM-1, PAM-7, PAM-14 y PAM-17 con códigos (códigos ID según el inventario RM N° 335-2022-MINEM/DM) 8381, 5392, 5395 y 5405 respectivamente, representan un riesgo significativo; mientras que el PAM-5, PAM-30 y PAM-38 con códigos 8375, 5468 y 5473 respectivamente, representan un riesgo moderado. Por consiguiente, en razón a todo lo antedicho se valida la hipótesis de que la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha está expuesta a riesgos ambientales significativos que son generados por algunos pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón; de esta situación se desprende que la calidad del agua superficial se encuentra fuertemente impactada y a su vez viene generando riesgos altos al ambiente, la salud de la población y actividades económicas; sin embargo, para

obtener un resultado integral y completo del nivel de riesgo ambiental que generan los PAM se tiene que llevar a efecto estudios complementarios incluyendo los componentes de suelo y aire.

Otro trabajo de tesis que de igual modo refuerza la hipótesis planteada, es la desarrollada por Campos y Moreno (2022), en la que también hicieron uso de la guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM y arribaron a la conclusión siguiente: “Los pasivos ambientales mineros ocasionan riesgos ambientales significativos en las aguas del río Sihuas (parte baja), además son 265 pobladores que emplean agua contaminada con restos de relaves de mina para el riego de pastos y otros sembríos, y 108 pobladores vienen siendo afectados a causa del consumo de agua que proviene directamente del río”; al respecto cabe hacer mención que hay una marcada diferencia en el área objeto de análisis; mientras que Campos y Moreno (2022), se centran en una zona que está definida por tres puntos: RPASA2 (punto en la parte casi intermedia del río Pasacancha), RPASA1 (punto en la desembocadura del río Pasacancha al río Sihuas) y RSIH3 (punto en el río Sihuas) logrando así determinar la afectación de la calidad del agua del río Pasacancha y el río Sihuas; el presente trabajo se enfoca en cada PAM en particular que genera drenaje, logrando así identificar aquellos pasivos mineros que vienen generando riesgos significativos y por consiguiente se tiene que impulsar su remediación.

El MINAM (2012), realizó un estudio de riesgos ambientales de efluentes y emisiones atmosféricas en actividades mineras metalúrgicas en la provincia de Yauli la Oroya distrito de Morococha, donde se tuvo a bien utilizar los LMP como suceso iniciador y como criterio para evaluar el nivel de riesgo ambiental. Del mismo modo el OEFA (2013), realizó un estudio similar de estimación del nivel de riesgo de un pasivo ambiental de hidrocarburo en el distrito Zorritos, provincia Tumbes, tratándose de un pozo abandonado como pasivo ambiental que venía

afectando la calidad del agua y suelo con restos de petróleo crudo, asimismo, se usó el ECA como criterio para evaluar el riesgo ambiental y por último agregar que no se realizó el análisis correspondiente en el entorno socioeconómico. Cabe acotar que ambos estudios se realizaron teniendo en cuenta los lineamientos de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, metodología en la que también se sustenta la presente investigación y que a diferencia del estudio del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), si se llegó a efectuar la evaluación en el entorno socioeconómico.

En relación a los estudios descritos anteriormente y en concordancia con Cervantes y Quito (2019), cuando se aborda estudios donde se pretende determinar el nivel de riesgo ambiental en zonas donde las actividades productivas están en funcionamiento y existen descargas que convergen a un cuerpo receptor, se hará uso de los LMP para evaluar el riesgo ambiental; y cuando se trate de zonas en donde no existe presencia de actividades como es el caso de los pasivos ambientales mineros se recomienda usar el ECA, además de que parámetros como el hierro, aluminio, manganeso y sulfato característicos de los efluentes o drenajes de mina, se encuentran incluidos en el ECA y no en los LMP (descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas). En ese sentido en el presente caso, tratándose de PAMs de la Ex Unidad Minera Halcón que vienen impactando las aguas superficiales de la zona y afectando por ende la calidad del agua del río Pasacancha, se tuvo a bien trabajar con el ECA para agua y su respectiva categoría 3–D1.

Si bien es cierto Cervantes y Quito (2019), hacen uso de las fichas de campo propuesta por el proyecto PERCAN (fichas que también usa el MINEM) en la fase de identificación de PAM, en esta investigación no fue necesario hacer uso de esta herramienta, dado que dentro de

los objetivos planteados no se contempla la identificación de nuevos pasivos mineros, por el contrario se centra en una Ex Unidad Minera en particular y los PAM que ésta generó en el pasado, encontrándose estos detalles (cantidad y características) en el inventario de pasivos ambientales mineros del MINEM. Por otro lado, la metodología y los criterios empleados por Cervantes y Quito (2019), para realizar la evaluación del riesgo ambiental que generan los pasivos mineros respecto del agua superficial en los entornos humano, natural y socioeconómico, guarda mucha similitud con la presente investigación; sin embargo, entre otras muchas circunstancias o factores que hacen variar los resultados, se encuentra el factor “*extensión*” (que viene a ser la distancia entre el PAM y la población que potencialmente se verá afectada) básicamente en el entorno humano. Se puede mencionar entonces que mientras en el estudio de Cervantes y Quito (2019), los 4 PAM evaluados superan distancias de 1 km al centro poblado, (valor muy bajo del factor extensión), en el presente trabajo los 7 PAM, casi en su totalidad presentan distancias muy cortas (de hasta 0.1 km) al centro poblado (valor muy alto del factor extensión); este hecho contribuye a que el nivel de riesgo se incremente en los PAM evaluados y repercuta en los resultados. El MINEM y JICA (2014), refuerzan lo planteado argumentando que en toda el área de la Ex Unidad Minera Halcón la magnitud de la contaminación es relativamente grande y la mayoría de las fuentes de contaminación se encuentran cercanas al centro poblado, impactando directamente en la vida de los pobladores, y sentencia afirmando que hay una gran influencia directa a la población, que puede ser afectada por los desmontes distribuidos en las laderas, por efluentes de bocaminas, y por la cancha de relaves adyacente al río Pasacancha.

Cabe destacar que el Perú ha logrado avances importantes en la gestión de pasivos ambientales mineros considerándose en la actualidad como el único país de América Latina que cuenta con presupuestos específicos destinados a la remediación de PAM; del mismo modo junto

a Ecuador y México son los únicos que vienen ejecutando acciones correctivas, mientras que el resto de países solo orienta sus políticas públicas a la prevención de nuevos PAM, dejando de lado la atención de los existentes.

A pesar de los avances obtenidos, resulta oportuno advertir de ciertos hallazgos encontrados en el Decreto Supremo N° 059–2005–EM y modificatoria (Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera), conforme el artículo 9; se deja en claro que la clasificación y priorización de los PAM que pudieran representar menor o mayor riesgo debería basarse en una evaluación que considere las cantidades de los contaminantes, sus tipos y sus características químicas, físicas, toxicológicas o biológicas, es decir en análisis específicos con muestreos sistemáticos que proporcionen datos más reales y precisos de los parámetros evaluados y el nivel de riesgo que represente un pasivo en relación con otro. Este mismo hecho se contradice con las acciones del MINEM, ya que por motivos de identificación, caracterización y priorización de PAM, la Dirección General de Minería (DGM) realiza una evaluación cualitativa de riesgo, en base a la información recabada directamente de campo, donde todos los datos que han sido obtenidos son ingresados en una “Ficha de Campo”; queda por lo tanto en tela de juicio la veracidad y consistencia de la priorización de PAM, ya que no se incluyen resultados de muestreos (evaluación cuantitativa) en el análisis de riesgo; esto según argumentos del MINEM se daría por falta de presupuesto.

Para reforzar lo indicado en el párrafo anterior, conviene poner de relieve la investigación realizada por Liñán (2017), donde advierte que los resultados de priorización que obtuvo producto de la evaluación de riesgos a partir de muestreos de suelo y agua difieren de los que se obtuvieron a través de la evaluación cualitativa vigente (inventario de PAM) realizada por el

MINEM, representando ello una situación alarmante, ya que no se estarían considerando criterios adecuados en la priorización de pasivos ambientales mineros, trayendo por consecuencia que los recursos económicos asignados para la remediación o cierre no estarían siendo destinados de manera eficiente para los PAM que verdaderamente representan riesgos significativos para la salud, el ambiente y la propiedad.

Como ya se mencionó, son 4 los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que requieren una atención urgente por parte del Estado por presentar riesgos significativos con valores porcentuales de riesgo de 69 por ciento, donde el análisis del agua superficial tiene un peso importante en la evaluación de riesgos. Además considerando que uno de los principios elementales de la gestión ambiental es su carácter transectorial, lo que implica que la intervención de las autoridades competentes en el sector ambiental debe ser articulada y coordinada entre los diferentes niveles de gobierno con el fin de alcanzar los objetivos planteados y optimizar los resultados; es conveniente entonces que la iniciativa de impulsar la remediación recaiga en el gobierno regional de Ancash y el gobierno local de Cashapampa por ser co-responsables en la gestión de PAM.

VI. CONCLUSIONES

- La Ex Unidad Minera Halcón operó en la localidad de Pasacancha (hasta la década de 1970) dejando 76 pasivos ambientales mineros (PAM) según el inventario del MINEM (2022). Con la presente investigación solamente se consideró 7 PAM, por los criterios de afectación al agua superficial. El diagnóstico de la calidad del agua superficial tiene un peso muy importante y/o decisivo en la evaluación del riesgo ambiental, básicamente en el entorno humano y natural ya que otorga a la investigación mayor veracidad por incorporar datos cuantitativos y medibles en la misma. En ese sentido se optó por elegir 14 parámetros a ser analizados en laboratorio y comparados posteriormente con los ECA para agua categoría 3 y sub categoría D1, resultando de este procedimiento que; para el PAM-38 (Tajo; ID: 5473) el cero por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, para el PAM-30 (Bocamina; ID: 5468) el 7 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, para el PAM-5 (Bocamina; ID: 8375) el 7 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, para el PAM-1 (Relaves; ID: 8381) el 86 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, para el PAM-7 (Bocamina; ID: 5392) el 79 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, para el PAM-14 (Bocamina; ID: 5395) el 79 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA, y para el PAM-17 (Bocamina; ID: 5405) el 79 por ciento de los parámetros analizados superan el ECA. Asimismo, el Manganeso se encuentra presente en 6 de los 7 PAM analizados, y el parámetro que supera los ECA en mayor proporción en los PAM-1, PAM-7, PAM-14 y PAM-17 es el Hierro, superando el ECA en 462.7645 veces, 475.7217 veces, 352.4001 veces y 1695.8232 veces respectivamente.

- Para estimar el porcentaje de riesgo ambiental (promedio equivalente) de los 7 PAM evaluados en el entorno humano, natural y socioeconómico; se tuvo en consideración la probabilidad y gravedad de las consecuencias que refiere la metodología establecida en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, lográndose obtener el porcentaje de riesgo ambiental en cada entorno. Por último, la metodología establece tres niveles de priorización en lo que respecta a su significancia como pasivos de riesgo leve, moderado y significativo; teniendo en cuenta ello, se determinó como resultado final de la evaluación, el porcentaje promedio (de los tres entornos) del riesgo ambiental para cada PAM, resultando lo siguiente: El PAM-1 (Relaves; ID: 8381), PAM-7 (Bocamina; ID: 5392), PAM-14 (Bocamina; ID: 5395) y PAM-17 (Bocamina; ID: 5405) representan un nivel de riesgo significativo, con porcentajes promedios de riesgo de 69 por ciento cada uno. De igual manera el PAM-5 (Bocamina; ID: 8375), PAM-30 (Bocamina; ID: 5468) y PAM-38 (Tajo; ID: 5473) representan un nivel de riesgo moderado con porcentajes promedios de riesgo de 55, 42 y 42 por ciento respectivamente.
- Los 4 PAM de la Ex Unidad Minera Halcón que representan un nivel significativo de riesgo ambiental para la calidad del agua superficial, en la actualidad no cuentan con un responsable para su remediación, siendo por tanto, el Estado el encargado de asumir tal responsabilidad. Por consiguiente, acorde a criterios propios y al D.S N° 059-2005-EM y modificatoria; se propone proceder de la siguiente manera: El gobierno local de Cashapampa y el gobierno regional de Ancash, con motivos de salvaguardar la debida tutela del interés público, deberán solicitar la invocación del interés público para la remediación o cierre de PAM sustentado mediante informe técnico al MINEM, para que éste a su vez, de considerarlo conveniente encargue a la empresa estatal Activos Mineros

S.A.C la remediación de los mismos por ser de competencia. De manera paralela al procedimiento en mención, el gobierno Regional de Ancash y el MINEM implementaran iniciativas o estrategias a fin de promover la constitución de Áreas de Conservación Ambiental Minera, a efectos de que se capte el interés de remediadores voluntarios para intervenir estos pasivos ambientales mineros que vienen generando riesgos muy altos en la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad; propiciando con ello una contaminación crónica en la localidad de Pasacancha. Mediante esta acción se contribuye a dar cumplimiento con el Objetivo Prioritario 3 de la Política Nacional del Ambiente y con 8 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

VII. RECOMENDACIONES

- Como es de conocimiento; para obtener un resultado integral y completo del nivel de riesgo ambiental que generan los PAM se tiene que llevar a efecto estudios complementarios incluyendo los componentes de suelo y aire. Sin embargo, si bien es cierto, en el presente estudio solamente se evalúa como único componente ambiental al agua superficial (no considerando suelo, ni aire), ello no implica que el presente estudio no pueda ser utilizado como sustento para solicitar al MINEM la invocación del interés público para el cierre de PAM; todo lo contrario, al haberse obtenido resultados fidedignos y confiables mediante el análisis de la calidad del agua y su correspondiente evaluación del riesgo, se llegó a determinar una grave afectación de un componente ambiental (agua) por la presencia de pasivos mineros, siendo ello un indicador suficiente para advertir y conminar a las entidades competentes a ejecutar acciones inmediatas (de ser necesario estudios complementarios) con fines de llevar a afecto la remediación de los pasivos ambientales mineros que representen riesgos significativos en la localidad de Pasacancha. En ese sentido, acorde a la problemática descrita se recomienda se dé a conocer de esta situación a la brevedad posible a las autoridades con competencia (gobierno Local y Regional) para iniciar con las gestiones pertinentes ante el MINEM.
- Como se menciona en la propuesta para abordar la problemática de los pasivos ambientales mineros, el gobierno local de Cashapampa y el gobierno regional de Ancash (y en alguna medida el gobierno provincial de Sihuas) son los protagonistas para hacer las gestiones correspondientes de los pasivos por ser co-responsables. En ese entender se recomienda involucrar a la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha en todo el proceso de toma de decisión y cierre de PAM; desde el derecho de contar con la

información oportuna en relación a los riesgos, la solicitud de invocación del interés público al MINEM, hasta el involucramiento en la toma de decisiones respecto de las medidas a implementar y el uso futuro de los pasivos recuperados. Mediante esta acción se contribuirá a solucionar problemáticas sociales, ambientales y económicos en el área de influencia de los pasivos mineros.

- Es conveniente que el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) realice o designe a quién corresponda, la tarea de realizar una evaluación integral mediante monitoreos sistemáticos de todos los PAM de la Ex Unidad Minera Halcón y otros que se ubiquen en la microcuenca del río Pasacancha, esto debido a que existen gran cantidad de pasivos ambientales mineros como bocaminas, desmontes, tajos, chimeneas, piques plantas de procesamiento, entre otros, que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigación (por motivos presupuestales, de delimitación y criterios de selección) pero que también podrían estar generando riesgos importantes. Así, por ejemplo, hay muchas bocaminas que no han sido considerados por no presentar drenajes, pero por referencia de los pobladores en épocas de invierno se recargan y también impactan las aguas superficiales, o como el caso de los desmontes que tampoco fueron considerados en la presente investigación, sin embargo, se pueden evidenciar en grandes volúmenes en las pendientes con potencial de erosión, colapso y contaminación por encontrarse cercanos al centro poblado.
- A pesar de que la normativa señala que la clasificación y priorización de los PAM que pudieran representar menor o mayor riesgo debería estar basada en una evaluación donde se incluya las cantidades de los contaminantes, sus tipos, y sus características químicas, físicas, biológicas o toxicológicas, es decir en análisis específicos con muestreos

sistemáticos que proporcionen datos más reales y precisos de los parámetros evaluados y niveles de riesgo que represente un PAM en relación con otro. Este mismo hecho se contradice con las acciones del MINEM, ya que actualmente por motivos de identificación, caracterización y priorización de PAM, la Dirección General de Minería (DGM) realiza una evaluación cualitativa del riesgo, basada en información recogida directamente de campo, donde todos los datos obtenidos son ingresados en una “Ficha de Campo” (PERCAN). Queda por lo tanto en tela de juicio la veracidad y consistencia de la priorización de PAM, ya que no se incluyen resultados de muestreos (evaluación cuantitativa) en el análisis de riesgos. Por consiguiente, se recomienda que el MINEM a través de la Dirección General de Minería modifique la metodología actual de evaluación de riesgos de pasivos mineros, incluyendo en la misma métodos cuantitativos.

- Fortalecer la normativa que regula los pasivos ambientales mineros, mediante la inclusión de medidas complementarias que permitan promover e incentivar la participación del sector privado en la remediación de PAM con mecanismos como: compensaciones ambientales, créditos tributarios, obras por impuestos, entre otros. Por otro lado considerando que los proyectos de cierre de PAM tienen una duración muy larga (todas las etapas) siendo de 8 a 12 años en algunos casos y que los efectos dañinos en el ambiente, por parte de un pasivo minero aumentan exponencialmente en la medida que no se realiza la remediación; es sumamente importante se incluya también en la normativa los mecanismos de intervención rápida con criterios técnicos de ingeniería básica en aquellos pasivos que representan riesgos significativos, ello con el objetivo de mitigar los impactos negativos durante todo el período que dure las etapas previas a la ejecución del proyecto de cierre de pasivos ambientales mineros.

- Como ya es sabido, muchos de los daños ambientales ocasionados por PAM son irreversibles, como por ejemplo los daños a la salud, la pérdida de biodiversidad, trastornos culturales o la destrucción de un paisaje. A este respecto, resulta oportuno plantear a modo de reflexión y recomendación la incorporación en nuestra normativa, la viabilidad de una compensación económica por los daños ocasionados por pasivos ambientales mineros; este planteamiento se sustenta básicamente por las siguientes tres razones: En primer lugar, esto vuelve más costosa y difícil la producción de nuevos pasivos ambientales. Es decir, constituye un desincentivo para las actividades mineras muy contaminantes o, por lo menos, un incentivo para que se tomen precauciones y se adopten innovaciones tecnológicas que reduzcan el impacto ambiental. En segundo lugar, la compensación del daño en forma monetaria puede ser la única manera para que, por lo menos quienes se han visto directamente afectados reciban algo. Es decir, la compensación monetaria se convierte en una forma de redistribución de las ganancias producidas por la actividad contaminante. Por último, la compensación monetaria, y el proceso o la negociación que la hacen posible, tienen un valor simbólico muy fuerte: se trata de una reafirmación del derecho de las comunidades locales sobre su territorio.

VIII. REFERENCIAS

- Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos-ASGMI. (2020). *Glosario Técnico en Materia de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros*. Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros de ASGMI. https://asgmi.org/wp-content/uploads/2020/03/01-Glosario_Final.pdf
- Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos-ASGMI. (2020). *Pasivos Ambientales Mineros: Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas*. Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros de ASGMI. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/4453#files>
- Bareño, C. (2018). *Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales en la minería de carbón, con enfoque de ecología política: Estudio de caso municipio de Rondón (Boyaca)*. [Tesis de posgrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7695?show=full>
- Campos, C., y Moreno, C. (2022). *Riesgo ambiental por pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7563>
- Distrito.pe. (s.f.). *El distrito de Cashapampa*. <https://www.distrito.pe/distrito-cashapampa.html>
- Cervantes, J., y Quito, S. (2019). *Evaluación del riesgo ambiental generado por pasivos mineros en la calidad del agua superficial*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3887>
- Chacón, S. (2019). *Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las aguas del río San José influenciado por los pasivos ambientales del distrito de Huayllay, provincia Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1927>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2016). *Estudio sobre lineamientos, incentivos y regulación para el manejo de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), incluyendo cierre de faenas mineras. Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia y el Perú*. Santiago: Copyright © Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6898ae47-8d37-47b3-872b-026cbaeb41fe/content>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2017). *Evaluaciones del desempeño ambiental: Perú*. Santiago. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42527-evaluaciones-desempeno-ambiental-peru>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2019). *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú*. Santiago: Naciones Unidas (serie Medio Ambiente y Desarrollo). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45068-remediacion-activacion-pasivos-ambientales-mineros-pam-peru>

Condori, F. (2020). *Manual metodológico para elaborar tesis de ingeniería*. Lima - Perú. Enviro Evolution EIRL

Cuentas, M., Velasquez, O., Arizaca, A., y Huisa, F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad Condoraque - Puno. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería*, 4(2), 42-57. http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a04.pdf

Decreto Legislativo N° 1042. Decreto Legislativo que modifica y adiciona diversos artículos a la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. (25 de junio de 2008). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12817/DLeg-1042.pdf>

Decreto Supremo N° 059-2005-EM. Aprueba Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. (09 de diciembre de 2005).

<https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4703260-059-2005-em>

Decreto Supremo N° 003-2009-EM. Modifican Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera aprobado por D.S. N° 059-2005-EM. (14 de enero de 2009).

<https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4703482-003-2009-em>

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas. (20 de agosto de 2010). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establece disposiciones complementarias. (06 de junio de 2017).

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM. Aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030. (22 de julio de 2021).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037168/D.S.%20023-2021-MINAM.pdf.pdf?v=1627230844>

Defensoría del Pueblo. (2015). *¡Un llamado a la remediación! Avances y pendientes en la gestión estatal frente a los pasivos ambientales mineros e hidrocarburíferos*. Lima.

<https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/informe-Defensorial-171.pdf>

Defensoría del Pueblo. (2015). Ancash: Defensoría del pueblo exhorta a las autoridades a priorizar remediación de pasivos ambientales de alto riesgo. *Nota de Prensa N° 230/OCI/DP/2015*.

Defensoría del Pueblo. (2019). *En defensa de nuestros recursos hídricos: Actuación defensorial frente a la gestión de pasivos ambientales y erradicación de la minería ilegal*. Lima. Informe de Adjuntía N° 001-2019-DP/AMASPPI.MA.

Defensoría del Pueblo. (2023). *Reporte de conflictos sociales N° 232 junio-2023*. Lima.

<https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2023/07/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-232-Junio-2023.pdf>

Defensoría del Pueblo. (2023). *¿Es la remediación de pasivos ambientales mineros de alto riesgo prioritaria en el Perú?: Hallazgos y recomendaciones tras irregularidades advertidas por el OCI de Activos Mineros S.A.C.* Lima. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2023/07/Informe-Defensorial-N-2-2023-DP-AMASPPI.pdf>

Figuroa, M. (2011). *Evaluación preliminar de riesgos medioambientales de faenas mineras abandonadas/paralizadas mediante SIG en la II Región de Antofagasta, Chile*. Santiago, Chile [Memoria de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/100401/0717_aq-figuroa_m.pdf

Fondo Nacional del Ambiente - Perú. (2005). *Inventario, Diagnóstico y Priorización de los Pasivos Ambientales en la Cuenca del Río Llaucano – Hualgayoc*. <https://es.scribd.com/document/340192706/Inventario-Pasivos-Ambientales-Rio-Llaucano-Hualgayoc-pdf>

Fondo Nacional del Ambiente - Perú. (2020). *Pasivos Ambientales Mineros*. <https://fonamperu.org.pe/pasivos-ambientales-mineros/>

GIZ y BGR. (2018). *Gestión del Estado Peruano y Análisis Específico de Responsabilidad Histórica y Legal de las relaveras “La Ciénaga”*. <https://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2019/01/estudio-de-caso-de-pasivos-ambientales-mineros-aspectos-juridico-institucionales.pdf>

Geocatmin. (s.f.) [*Atlas Catastral Minero*]. Recuperado el 12 de febrero de 2023 de, <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/portal/home/item.html?id=55adcef826d64b74b766b1513de0f0a1>

Google Earth. (s.f.) [*Pasacancha*]. Recuperado el 17 de enero de 2023 de, <https://earth.google.com/web/@-8.59116749,->

77.65496889,3689.51776878a,1043.48889892d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Infante, C. (2011). *PASIVOS AMBIENTALES MINEROS: Barriendo bajo la alfombra*. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2017/03/pasivos_22.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales* 2019. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.). [*sistemas de consulta*]. Recuperado el 12 de febrero de 2023 de <https://www.inei.gob.pe/sistemas-consulta/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.). [*Sistema de Información Geográfica-Sistema de Consulta de Centros Poblados*]. Recuperado el 12 de febrero de 2023 de <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (s.f.). [*SIDEMCAT*]. Recuperado el 14 de febrero de 2023 de <https://digital.ingemmet.gob.pe/serviciosdigitales/app/sidemcat/consulta>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. (2020). *Informe Técnico N° A7025: Evaluación de peligros geológicos en los sectores Pasacancha, Tarabamba y Colpa*. Ancash: Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2587?locale=es>

Japan International Cooperation Agency. (2014). *Proyecto de remediación de Pasivos Ambientales Mineros de ex unidades mineras (Reporte final - Resumen)*. Lima: Ministerio de Energía y Minas. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12252912.pdf>

JCI Perú y HIDROGEOCOL Ecuador. (2019). *Plan de rehabilitación del sitio impactado S0113* (Sitio 13). Lima.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5612797/4977718-plan-de-rehabilitacion-so113.pdf?v=1703825444>

Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005). Congreso de la República del Perú. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

Ley N° 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. (02 de julio de 2004). Congreso de la República del Perú. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28271.pdf>

Ley N° 28526. Ley que modifica los artículos 5, 6, 7 y 8, la primera disposición complementaria y final de la Ley N° 28271, ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, y le añade una tercera disposición complementaria y final. (29 de abril de 2005). Congreso de la República del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/281034/252438_LEY28526.pdf20190110-18386-1uscf3f.pdf?v=1547173667

Liñán, E. (2017). *Elaboración de nuevos criterios para el mejoramiento de la priorización y gestión de pasivos ambientales mineros en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8996>

López, L., López, M., y Medina, G. (2017). La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: *una propuesta metodológica*, 13(1), 78-91. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032017000100078

Melgarejo, M. (2019). *Proyecto de Ley N° 4008/2018-CR: Ley que declara de interés nacional y de necesidad pública la remediación de los pasivos ambientales mineros de las cuencas hidrográficas del Santa, Casma, Huarmey, Pativilca, y el Alto Marañón del departamento de Ancash*. Lima: Congreso de la República.

Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Demarcación y delimitación de las autoridades administrativas del agua*. Lima – Perú.

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/aaa_memoria_0_0_2.pdf

Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Lima. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/guia_de_evaluacion_de_riesgos_ambientales.pdf

Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de Términos para la Formulación de Proyectos Ambientales*. Lima. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/405>

Ministerio de Energía y Minas. (2010). *Guía para la elaboración de Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros*. Lima. <https://www.ramosdavila.pe/media/Leer-la-Gu%C3%ADa-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-Planes-de-Cierre-de-Pasivos-Ambientales-Mineros.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Inventario de Pasivos Ambientales Mineros*. Lima. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=5769&idMenu=sub5768&idCateg=961

Morejón, A. (2022). *Evaluación de riesgos del inventario de los pasivos ambientales mineros en la región de Santa Lucía, minas de Matahambre*. Pinar del Río. [Tesis de pregrado, Universidad de Pinar del Río]. Repositorio de tesina de la Universidad de Pinar del Río. <https://www.researchgate.net/publication/367879904>

Oblasser, A., y Chaparro, E. (2008). *Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/16109d4f-17c1-488c-b7ee-2928ffd51f1d/content>

Ráez, E., y Dourojeanni, M. (2016). *Los principales problemas ambientales políticamente relevantes en el Perú*. Lima. <https://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2016/02/Principales-pol%C3%ADticas-ambientales-prioritariamente-relevantes-en-el-Per%C3%BA.pdf>

- Red de Propuesta y Acción muqui. (2015). *Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnóstico y Propuestas*. Lima. <https://muqui.org/wp-content/uploads/2019/11/pasivosambientales2015.pdf>
- Retamal, C. (2013). *Identificación y jerarquización de sitios con potencial presencia de contaminantes derivados de pasivos ambientales mineros en la Región Metropolitana de Santiago*. Santiago. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151416>
- Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM, Aprueban fichas de campo propuestas por el proyecto PERCAN para la identificación de pasivos ambientales mineros ubicados dentro de una ex unidad minera. (9 de setiembre de 2009). Ministerio de Energía y Minas. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4650947-173-2009-mem-dgm>
- Resolución Directoral N° 322-2016-MEM-DGAAM, Aprueba el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd) del proyecto de exploración minera Racaycocha Sur, presentado por Minera Peñoles de Perú S.A. (10 de noviembre de 2016). Ministerio de Energía y Minas.
- Resolución de Consejo Directivo N° 022-2013-OEFA/CD, Aprobar la Directiva N° 01-2013-OEFA/CD denominada "Directiva para la Identificación de Pasivos Ambientales en el Subsector Hidrocarburos a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA". (21 de mayo de 2013). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. <https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/214494-022-2013-oefa-cd>
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Aprueba el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". (11 de enero de 2016). Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Rodríguez, R., María del Rocío, E., Iglesias, M., y Castillo, E. (2007). Evaluación del

riesgo Ambiental de los Pasivos Ambientales de la cuenca alta del río Santa en el departamento de Ancash, Perú. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/263743218_Evaluacion_del_riesgo_ambiental_de_los_pasivos_ambientales_de_la_Cuenca_Alta_del_Rio_Santa_en_el_Departamento_de_Ancash_Peru_Environmental_risk_assessment_of_the_environmental_liabilities_of_the_Upper

Russi, D., y Martínez, J. (2002). Los Pasivos Ambientales. Ruedo Ibérico, 107-112. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-hispano-yucatan/calculo-integral/dialnet-los-pasivos-ambientales-1255830/38928070>

Salazar, R. (2017). *Análisis del impacto geoambiental de Pasivos Ambientales aplicando sensoramiento remoto y firmas espectrales utilizando ENVI, provincia de Hualgayoc, Cajamarca*. Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1419>

Sotomayor, A. (2016). Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente (trabajo presentado en la Conferencia Académica Anual del Consorcio, octubre, 2015). En Consorcio de Universidades (Ed.), *Metas del Perú al bicentenario* (pp. 241-246). Lima: Consorcio de Universidades. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/3395>

Universidad Peruana Cayetano Heredia. (5 de julio de 2023). “Pasivos Ambientales Mineros (PAM) en el Perú”, “Avances en la gestión de PAM”, “Nuevas tendencias, tecnologías y metodologías para la remediación ambiental de PAM” [Conferencia presencial]. *Seminario: "Pasivos Ambientales Mineros: retos y oportunidades para el Perú"*. Lima - Perú

Villena, E., y Ramírez, E. (2017). *Teledetección de pasivos ambientales de origen químico utilizando imágenes satelitales Landsat 8 en la provincia de Hualgayoc*. Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13249>

Vicerrectorado de Investigación. (2023). *Guía para la presentación de trabajos de investigación*. Lima. Universidad Nacional Federico Villarreal.

Zamora, G., Lanza, J. y Arranz, J. (2018). Metodología para la identificación y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación. *Revista de medio ambiente y minería*, (5), 31-43.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000200004&fbclid=IwY2xjawF_wLtleHRuA2FlbQIxMAABHS9_-uK7t4bp9FJtAUuSik9goMxOAZM57vff5a0qKgEtlAHI5KGdgr9Ghg_aem_Ag9p5w_4pZK9JIhIB6Xocg

IX. ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis: “Riesgo ambiental por Pasivos Mineros de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial, microcuenca Pasacancha - 2023”

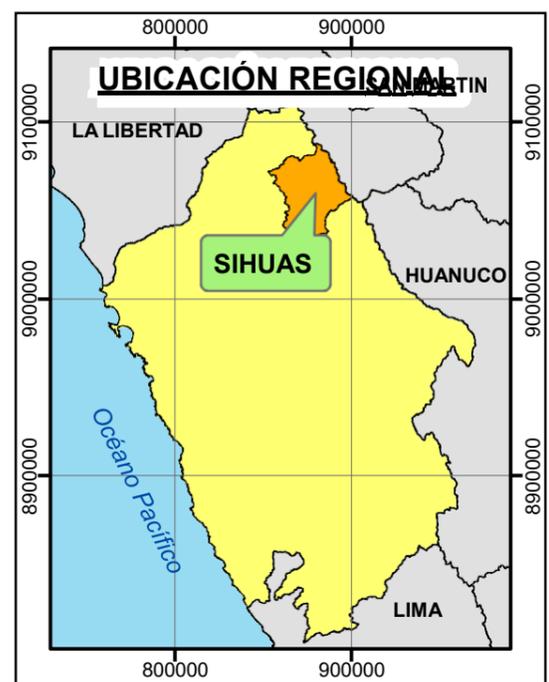
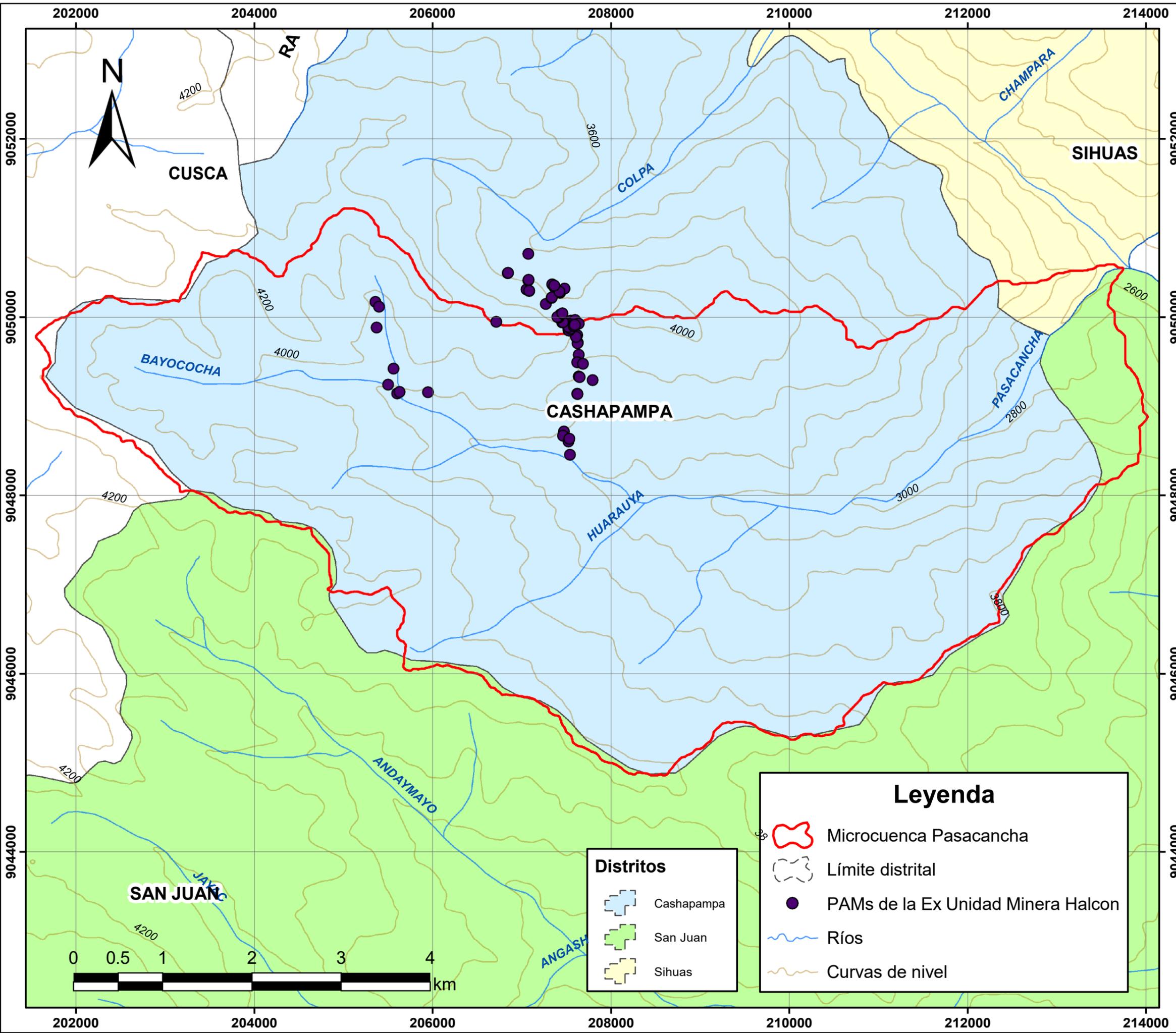
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el riesgo ambiental ocasionado por pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿De qué forma se llevará a cabo un diagnóstico de la calidad del agua superficial en la zona que comprende el estudio?</p> <p>¿De qué manera se estimará el nivel de riesgo ambiental ocasionado por los PAM provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha?</p> <p>¿Cuál será el procedimiento administrativo a seguir para que la entidad competente se haga cargo de la remediación ambiental de los PAM provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón que presenten niveles altos de riesgo en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar el riesgo ambiental provocado por los pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcón sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, región de Ancash, con fines de priorización para su remediación.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Efectuar un diagnóstico de la calidad del agua superficial comprendida en la zona objeto de la presente investigación.</p> <p>Estimar el nivel de riesgo ambiental ocasionado por pasivos ambientales mineros en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha, aplicando la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesta por el Ministerio del Ambiente y la bibliografía recabada.</p> <p>Proponer el procedimiento administrativo a seguir para llevar a cabo la remediación ambiental de los pasivos ambientales mineros provenientes de la Ex Unidad Minera Halcón que generan riesgos significativos en la calidad del agua superficial de la microcuenca del río Pasacancha.</p>	<p>La calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha está expuesta a riesgos ambientales significativos que son generados por algunos pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcón: Labor minera, residuos mineros, infraestructura, Otros residuos.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Riesgo ambiental en la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha: Metales totales, sulfatos, Temperatura, Potencial de hidrógeno, Conductividad eléctrica.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>No experimental transeccional.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Correlacional causal.</p> <p>Población</p> <p>1161 Pasivos Ambientales Mineros existentes en la región Ancash, producto de la actividad minera.</p> <p>Muestra</p> <p>38 Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcón (área de estudio) en la microcuenca del río Pasacancha.</p>

Anexo B: Operacionalización de la variable

Operacionalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Método	Técnica
X: Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcon	Aquellas emisiones, efluentes, instalaciones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad inactivas o abandonadas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. (MINEM, 2004)	Se identificará los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) que generan drenaje, escorrentía, lixiviados y/o propician la contaminación de las aguas superficiales. Para ello se hará uso del Inventario de PAM del MINEM (2022).	Bocaminas (5) Relaves (1) Tajo (1)	Número de PAM que generan drenaje, escorrentía, lixiviados y/o propician la contaminación de las aguas superficiales	Tipo de investigación Aplicada Diseño: No experimental transeccional. Nivel: Correlacional causal.	Inventario de Pasivos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas (MINEM,2022) y trabajo de campo (recabar información y muestreo de calidad de agua superficial)
Y: Riesgo ambiental en la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha	Probabilidad de ocurrencia de que un peligro afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, el cual puede ser de origen natural o antropogénico. (MINAM, 2010)	Se realizará la evaluación de riesgos (acorde a los criterios del MINAM) en base al resultado del muestreo de la calidad del agua superficial, información documentaria y de campo.	Probabilidad X Gravedad de las consecuencias	Nivel	Tipo de investigación Aplicada Diseño: No experimental transeccional. Nivel: Correlacional causal.	Guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010), entre otros instrumentos e investigaciones de referencia.

Anexo C: Mapa de ubicación política de la microcuenca del río Pasacancha y pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón;



Leyenda

- Microcuenca Pasacancha
- Límite distrital
- PAMs de la Ex Unidad Minera Halcon
- Ríos
- Curvas de nivel

Distritos

- Cashapampa
- San Juan
- Sihuas

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

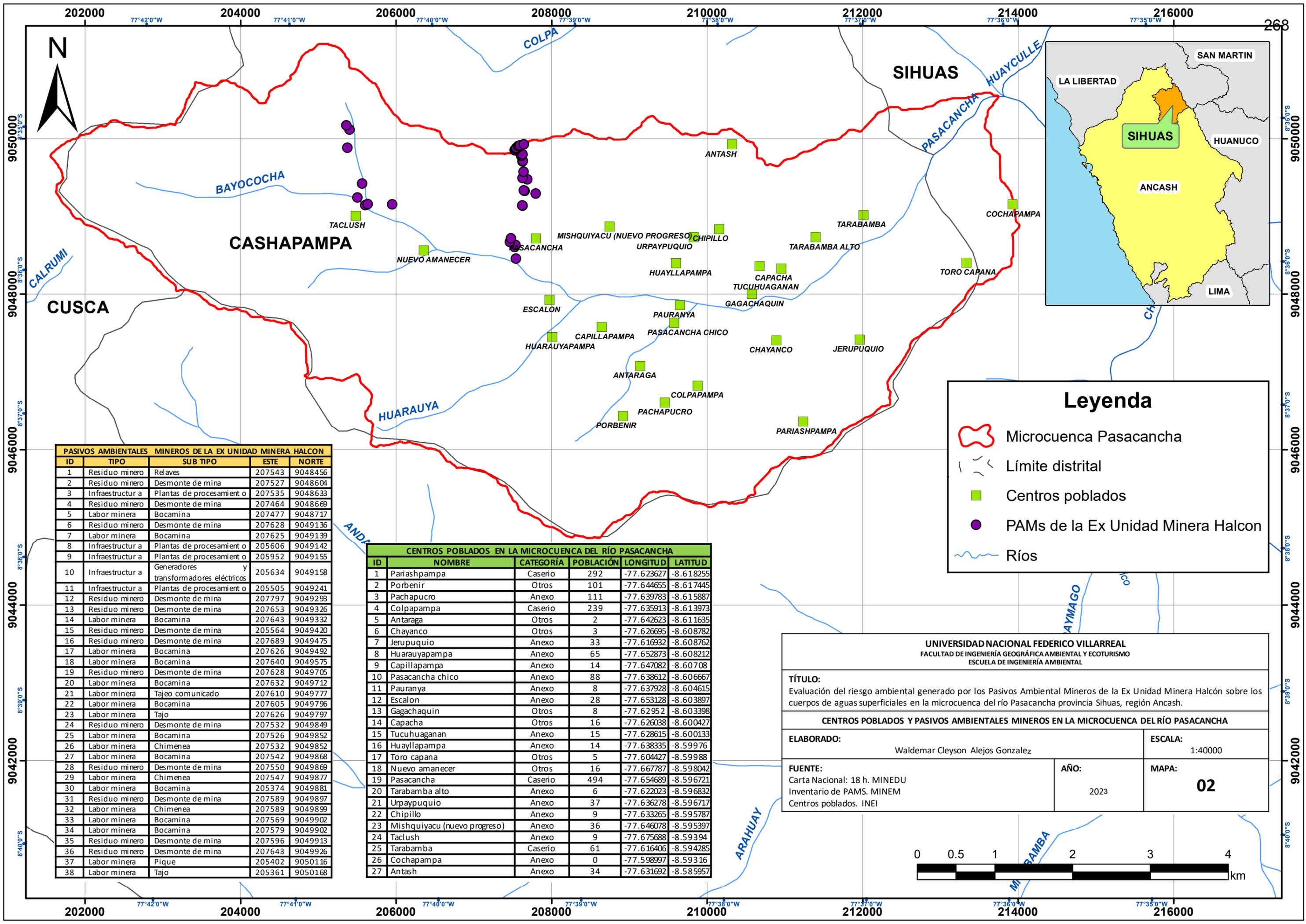
TÍTULO:
 Evaluación del riesgo ambiental generado por los Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcon sobre los cuerpos de aguas superficiales en la microcuenca del río Pasacancha provincia Sihuas, región Ancash.

UBICACIÓN POLÍTICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PASACANCHA Y PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HALCON

ELABORADO: Waldemar Cleyson Alejos Gonzalez	ESCALA: 1:40000
---	---------------------------

FUENTE: Carta Nacional: 18 h. MINEDU Inventario de PAMs. MINEM	AÑO: 2021	MAPA: 01
---	---------------------	---------------------------

Anexo D: Mapa de Centros Poblados y pasivos ambientales mineros en la
microcuenca del río Pasacancha



Leyenda

- Microcuenca Pasacancha
- Límite distrital
- Centros poblados
- PAMs de la Ex Unidad Minera Halcon
- Ríos

PASIVOS AMBIENTALES		MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HALCON		
ID	TIPO	SUB TIPO	ESTE	NORTE
1	Residuo minero	Relaves	207543	9048456
2	Residuo minero	Desmonte de mina	207527	9048604
3	Infraestructura	Plantas de procesamiento	207535	9048633
4	Residuo minero	Desmonte de mina	207464	9048669
5	Labor minera	Bocamina	207477	9048717
6	Residuo minero	Desmonte de mina	207628	9049136
7	Labor minera	Bocamina	207625	9049139
8	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205606	9049142
9	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205952	9049155
10	Infraestructura	Generadores y transformadores eléctricos	205634	9049158
11	Infraestructura	Plantas de procesamiento	205505	9049241
12	Residuo minero	Desmonte de mina	207797	9049293
13	Residuo minero	Desmonte de mina	207653	9049326
14	Labor minera	Bocamina	207643	9049332
15	Residuo minero	Desmonte de mina	205564	9049420
16	Residuo minero	Desmonte de mina	207689	9049475
17	Labor minera	Bocamina	207626	9049492
18	Labor minera	Bocamina	207640	9049575
19	Residuo minero	Desmonte de mina	207628	9049705
20	Labor minera	Bocamina	207632	9049712
21	Labor minera	Tajeo comunicado	207610	9049777
22	Labor minera	Bocamina	207605	9049796
23	Labor minera	Tajo	207626	9049797
24	Residuo minero	Desmonte de mina	207532	9049849
25	Labor minera	Bocamina	207526	9049852
26	Labor minera	Chimenea	207532	9049852
27	Labor minera	Bocamina	207542	9049868
28	Residuo minero	Desmonte de mina	207550	9049869
29	Labor minera	Chimenea	207547	9049877
30	Labor minera	Bocamina	205374	9049881
31	Residuo minero	Desmonte de mina	207589	9049897
32	Labor minera	Chimenea	207589	9049899
33	Labor minera	Bocamina	207569	9049902
34	Labor minera	Bocamina	207579	9049902
35	Residuo minero	Desmonte de mina	207596	9049913
36	Residuo minero	Desmonte de mina	207643	9049926
37	Labor minera	Pique	205402	9050116
38	Labor minera	Tajo	205361	9050168

CENTROS POBLADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PASACANCHA					
ID	NOMBRE	CATEGORÍA	POBLACIÓN	LONGITUD	LATITUD
1	Pariashpampa	Caserío	292	-77.623627	-8.618255
2	Porbenir	Otros	101	-77.644655	-8.617445
3	Pachapucro	Anexo	111	-77.639783	-8.615887
4	Colpapampa	Caserío	239	-77.635913	-8.613973
5	Antaraga	Otros	2	-77.642623	-8.611635
6	Chayanco	Otros	3	-77.626695	-8.608782
7	Jerupuquio	Anexo	33	-77.616932	-8.608762
8	Huarauyapampa	Anexo	65	-77.652873	-8.608212
9	Capillapampa	Anexo	14	-77.647082	-8.60708
10	Pasacancha chico	Anexo	88	-77.638612	-8.606667
11	Pauranya	Anexo	8	-77.637928	-8.604615
12	Escalon	Anexo	28	-77.653128	-8.603897
13	Gagachaquin	Otros	8	-77.62952	-8.603398
14	Capacha	Otros	16	-77.626038	-8.600427
15	Tucuhuaganan	Anexo	15	-77.628615	-8.600133
16	Huayllapampa	Anexo	14	-77.638335	-8.59976
17	Toro capana	Otros	5	-77.604427	-8.59988
18	Nuevo amanecer	Otros	16	-77.667787	-8.598042
19	Pasacancha	Caserío	494	-77.654689	-8.596721
20	Tarabamba alto	Anexo	6	-77.622023	-8.596832
21	Urpaypuquio	Anexo	37	-77.636278	-8.596717
22	Chipillo	Anexo	9	-77.633265	-8.595787
23	Mishquiyacu (nuevo progreso)	Anexo	36	-77.646078	-8.595397
24	Taclush	Anexo	9	-77.675688	-8.59394
25	Tarabamba	Caserío	61	-77.616406	-8.594285
26	Cochapampa	Anexo	0	-77.598997	-8.59316
27	Antash	Anexo	34	-77.631692	-8.585957

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

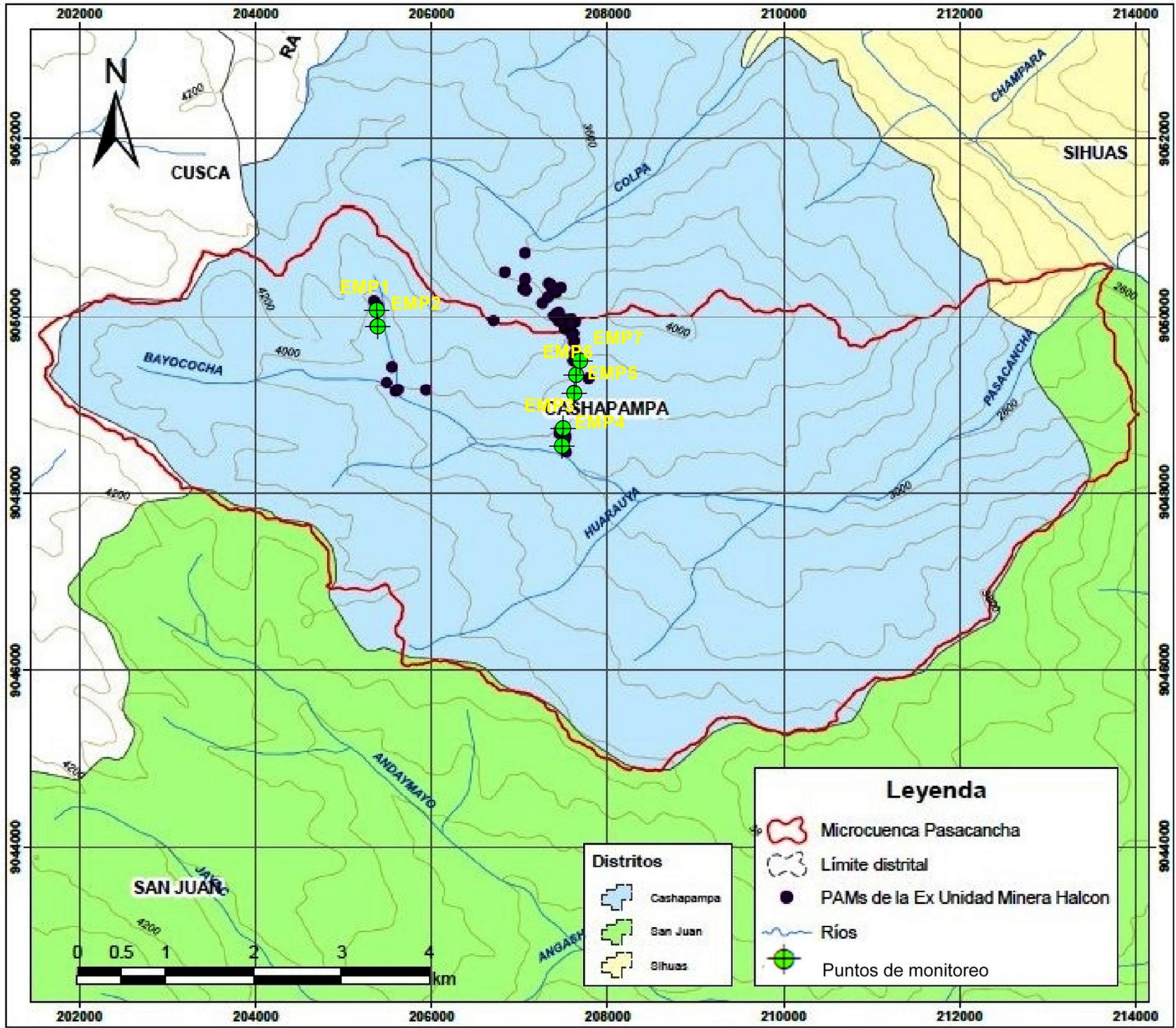
TÍTULO:
 Evaluación del riesgo ambiental generado por los Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera Halcón sobre los cuerpos de aguas superficiales en la microcuenca del río Pasacancha provincia Sihuas, región Ancash.

CENTROS POBLADOS Y PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PASACANCHA

ELABORADO: Waldemar Cleyson Alejos Gonzalez	ESCALA: 1:40000
FUENTE: Carta Nacional: 18 h. MINEDU Inventario de PAMS. MINEM Centros poblados. INEI	AÑO: 2023
MAPA: 02	



Anexo E: Mapa de ubicación política de los puntos de muestreo de los PAM que generan drenaje permanente y/o intervienen en la contaminación de aguas superficiales en la microcuenca del río Pasacancha



Legenda

- Microcuenca Pasacancha
- Límite distrital
- PAMs de la Ex Unidad Minera Halcon
- Ríos
- Puntos de monitoreo

Districtos

- Cashapampa
- San Juan
- Sihuas

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO:
 Evaluación del riesgo ambiental generado por los pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcon sobre los cuerpos de aguas superficiales en la microcuenca del río Pasacancha provincia de Sihuas, región Ancash.

UBICACIÓN POLÍTICA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LOS PAMs QUE GENERAN DRENAJE PERMANENTE Y/O INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DE CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PASACANCHA

ELABORADO: Waldemar Cleysen Alejandro Gonzalez	ESCALA: 1:40000
FUENTE: Carta Nacional: 18h (MINEDU)	AÑO: 2023
Inventario de PAMs (MINEM)	MAPA: 03

Anexo F: Cantidad de muestra y requisitos mínimos para ensayos de muestras
ambientales por servicio



CANTIDAD DE MUESTRA Y REQUISITOS MINIMOS PARA ENSAYOS DE MUESTRAS AMBIENTALES POR SERVICIO

Señores: WALDEMAR CLEYSON ALEJOS GONZALEZ

N° O.L: 352604

Fecha: 5 de Julio del 2023

Nro	Determinaciones (Servicio)	Matriz	Método de ensayo	Tipo Envase	Tamaño mínimo de muestra	Tipo Muestra	Preservación	Precauciones	Tiempo de Almacenamiento
1	Metales Totales	AGUA	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry, 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)	Frasco de polietileno, 60 mL	60	PUNTUAL COMPOSITO	ADICIONAR HNO3 1:1 PH < 2 (AÑADIR 0.3 ML O 6 GOTAS DE HNO3 1:1).	INCLUIR BLANCO VIAJERO POR ORDEN COMERCIAL	1 MES, EL HG SÓLO 28 DIAS. TIEMPO PROPUESTO POR LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE-CALLAO
2	Potencial de Hidrógeno	AGUA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H +B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.	Frasco de polietileno, 60 mL	60	PUNTUAL	ANALIZAR INMEDIATAMENTE	-	0.25 HORAS
3	SO4/	AGUA	EPA 300.0. Rev. 2.1-1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016/	Frasco PVC 500 ml L (Transparente)	500	PUNTUAL COMPOSITO	T < -6°C	FRASCO COMPLETAMENTE LLENO	30 DIAS
4	Sólidos Disueltos Totales	AGUA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C; 23rd Ed: 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017/	Frasco PVC 500 ml L boca ancha (Transparente)	500	PUNTUAL COMPOSITO	Almacenar de: > 0°C a <= 6°C.	POR CADA 20 MUESTRAS O MENOS ENVIAR UNA MUESTRA POR DUPLICADO. SI SE REQUIERE CONTRAMUESTRA ENVIAR 500ML DE MUESTRA ADICIONAL, 7 DIAS	7 DIAS
5	Sólidos Totales Disueltos (TDS) Conductividad	AGUA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B; 23rd Ed: 2017. Conductivity: Laboratory Method /; SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C; 23rd Ed: 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017/	Frasco PVC 500 ml L boca ancha (Transparente)	500	PUNTUAL COMPOSITO	Almacenar de: > 0°C a = 6°C.	POR CADA 20 MUESTRAS O MENOS ENVIAR UNA MUESTRA POR DUPLICADO. SI SE REQUIERE CONTRAMUESTRA ENVIAR 500ML DE MUESTRA ADICIONAL, 7 DIAS, 28 Dias	7 DIAS PARA TDS 28 DIAS PARA CONDUCTIVIDAD

Anexo G: Cantidad y descripción de materiales de muestreo usados en campo

(Guía de remisión SGS del Perú S.A.C)



SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 - Z.I. Urb. Industrial Bocanegra - Prov. Const. del Callao
 Prov. Const. del Callao - Callao
 Casilla Postal: 27-0125 Telf.: 517-1900 Fax: 575-4089 Nro. Carta: 15024

Punto de Emisión:

Av. Elmer Faucett 3360 - Z.I. Urb. Industrial Bocanegra - Prov. Const. del Callao
 Prov. Const. del Callao - Callao

CC: 5005

R.U.C. N° 20100114349
GUIA DE REMISION
REMITENTE

137 N° 052457

Fecha emisión _____

Fecha de inicio traslado 06/07/2023 18:14:16

Punto de Partida 06/07/2023 18:14:16

Destinatario: Av. Elmer Faucett No 3348 Callao 1 P.O. BOX 27-0125

* Razón Social o Apellidos y Nombre _____

* Domicilio del Punto de Llegada WALDEMAR CLEYSON ALEJOS GONZALEZ

* R.U.C. Destinatario: EL CLIENTE RECOGE EL MATERIAL

Motivo del Traslado :

- 1. Venta
- 2. Compra
- 3. Transformación
- 4. Consignación
- 5. Devolución
- 6. Traslado entre establecimientos de la misma empresa
- 7. Traslado por emisor itinerante de comprobantes de pago
- 8. Importación
- 9. Exportación
- 10. Otros (Especificar) _____

CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCION (DETALLADA)
7.00	UND	Frasco PVC 500 ml L (Transparente)
15.00	UND	Frasco de polietileno, 60 mL
16.00	UND	Frasco PVC 500 ml L boca ancha (Transparente)
2.00	ML	HNO3 (1:1)
7.00	UND	Mascarilla desechable
7.00	UND	Guante desechable
10.00	UND	ETIQUETA, ADHESIVA, DIV. MEDIO AMBIENTE, POLIETILENO TT, 4 x 2.36 PULG, 1 COLOR, 2000/ROLLO
PESO TOTAL		COSTO MINIMO DEL TRASLADO

Nro. Bultos: 1
 Atención: OL: 352604-1

EL CLIENTE RECOGE EL MATERIAL

(Cuando se trate de Venta o Compra)
 Datos Comprobante de Pago:
 Tipo de Comprobante:
 Numero:
 Fecha de Emisión:

Corporación Print S.A.C. Telf.: 575 3742 / 579 8235 R.U.C.: 2060987044 F. 10/20/2023 Serie 137 - 050001 al 053000 Aut. Sunat: 14903019023

RECIBI CONFORME

UNIDAD DE TRANSPORTE / CONDUCTOR

Vehículo Marca y Placa N° _____
 Constancia de Inscripción: _____
 Licencia(s) de Conducir N° (s): _____

a) Transportista: _____
 b) R.U.C.: _____

DESTINATARIO

Anexo H: Cadena de custodia para el monitoreo de agua

Anexo I: Informe de ensayo del laboratorio SGS del Perú

**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

WALDEMAR CLEYSON ALEJOS GONZALEZ

WALDEMAR_LIMA - LIMA - LIMA - LIMA

ENV / LB-352604-002

PROCEDENCIA : PASACANCHA - CASHAPAMPA - SIHUAS - ANCASH

Fecha de Recepción SGS : 13-07-2023

Fecha de Ejecución : Del 13-07-2023 al 21-07-2023

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
EMP 01
EMP 02
EMP 03
EMP 04
EMP 05
EMP 06
EMP 07

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 21/07/2023



Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 01 9050062.03N / 205375.6E 12/07/2023 15:34:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	EMP 02 9049878.29N / 205383.2E 12/07/2023 16:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	142.70 ± 29.97	339.00 ± 71.19
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	87 ± 10	212 ± 21
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	7.44 *	7.67 *
Aniones						
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	33.46 ± 4.020	80.60 ± 9.67
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00033 ± 0.000040	<0.00010
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0047 ± 0.00040	0.0092 ± 0.00080
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000020	0.00014 ± 0.000030
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	13.789 ± 1.38	41.111 ± 4.11
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0017 ± 0.00030	0.0019 ± 0.00030
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00004	0.00578 ± 0.00052
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.03204 ± 0.0080	0.02993 ± 0.0075
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0767 ± 0.0069	0.3041 ± 0.027
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1721 ± 0.014	0.6017 ± 0.048
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0045 ± 0.00040	0.0067 ± 0.00060
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	4.719 ± 0.57	11.621 ± 1.39
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.04886 ± 0.0034	0.30997 ± 0.022
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05342 ± 0.012	0.08229 ± 0.019
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00020	0.0051 ± 0.0012
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.55 ± 0.12	1.57 ± 0.13
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0042 ± 0.00040	0.0042 ± 0.00040
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	11.06 ± 1.33	11.00 ± 1.32
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	5.172 ± 0.62	5.142 ± 0.62
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	3.140 ± 0.35	2.276 ± 0.25
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ± 0.00010	0.0010 ± 0.00010
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000048 ± 0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0045 ± 0.00050	0.0371 ± 0.0037
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 03 9048729.21N / 207493.93E 12/07/2023 16:28:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	EMP 04 9048533.97N / 207477.41E 12/07/2023 16:41:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						

**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 03 9048729.21N / 207493.93E 12/07/2023 16:28:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	EMP 04 9048533.97N / 207477.41E 12/07/2023 16:41:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	169.20 ± 35.53	2,859.00 ± 600.39
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	104 ± 10	2,060 ± 165
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	6.86 *	2.31 *
Aniones						
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	40.22 ± 4.83	1,135.80 ± 90.86
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.009 ± 0.0010	53.033 ± 4.77
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	6.17936 ± 1.73
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00635 ± 0.00070	6.40347 ± 0.70
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0032 ± 0.00030	0.0162 ± 0.0015
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00465 ± 0.00098
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.01082 ± 0.0023
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.016 ± 0.0020	0.025 ± 0.0030
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00005 ± 0.000010	0.32398 ± 0.075
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	17.743 ± 1.77	70.716 ± 7.072
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	0.02352 ± 0.0019
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0043 ± 0.00070	0.0262 ± 0.0045
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00048 ± 0.000040	0.11837 ± 0.011
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	2.63128 ± 0.66
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0075 ± 0.0019
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.03790 ± 0.0072
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0621 ± 0.0056	0.3140 ± 0.028
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	2.299 ± 0.64
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	0.01046 ± 0.00085
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	4.7470 ± 0.38	467.7645 ± 37.42
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	0.0087 ± 0.0023
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0045 ± 0.00040	0.0305 ± 0.0027
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00016 ± 0.000040
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	4.219 ± 0.51	19.160 ± 2.30
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.21929 ± 0.015	8.84680 ± 0.62
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	0.01417 ± 0.0040
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00041 ± 0.000090	0.02056 ± 0.0047
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0684 ± 0.016
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.325330 ± 0.049
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	48.3906 ± 4.35
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	0.62 ± 0.050	3.41 ± 0.27
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0024 ± 0.00020	0.0175 ± 0.0018
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0054 ± 0.0012
Silíce Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	14.11 * ± 1.69	41.81 * ± 5.020
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	6.595 ± 0.79	19.543 ± 2.35
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	4.592 ± 0.51	5.549 ± 0.61
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00028 ± 0.000060
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	0.00047 ± 0.000030
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0020 ± 0.00030	0.0226 ± 0.0029
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000722 ± 0.00015
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0178 ± 0.0027
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0688 ± 0.012
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00147 ± 0.00031
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0093 ± 0.00090	125.8087 ± 12.58
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 05 9049126.40N / 207617.33E 12/07/2023 17:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	EMP 06 9049331.73N / 207638.48E 12/07/2023 17:28:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	2,874.00 ± 603.54	2,536.00 ± 532.56



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 05 9049126.40N / 207617.33E 12/07/2023 17:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL	EMP 06 9049331.73N / 207638.48E 12/07/2023 17:28:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO						
HORA DE MUESTREO						
CATEGORIA						
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	2,070 ± 166	1,830 ± 146
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	2.48 *	2.35 *
Aniones						
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	1,156.91 ± 92.55	1,092.49 ± 87.40
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	57.246 ± 5.15	46.604 ± 4.19
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.02480 ± 0.0069	0.00136 ± 0.00038
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	2.84018 ± 0.31	0.11352 ± 0.012
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0054 ± 0.00050	0.0018 ± 0.00020
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00484 ± 0.0010	0.00432 ± 0.00091
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.023 ± 0.0030	0.017 ± 0.0020
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.38702 ± 0.089	0.29475 ± 0.068
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	77.908 ± 7.79	61.635 ± 6.16
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.01935 ± 0.0016	0.01962 ± 0.0016
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0335 ± 0.0057	0.0226 ± 0.0038
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.13207 ± 0.012	0.10235 ± 0.0092
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	2.45442 ± 0.61	1.32943 ± 0.33
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0049 ± 0.0012
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00040 ± 0.000080	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2367 ± 0.021	0.1977 ± 0.018
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	1.984 ± 0.56	0.267 ± 0.075
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.01000 ± 0.00081	0.00577 ± 0.00047
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	480.7217 ± 38.46	357.4001 ± 28.59
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0062 ± 0.0017	0.0063 ± 0.0017
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0313 ± 0.0028	0.0293 ± 0.0026
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00020 ± 0.000060	0.00017 ± 0.000050
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	21.180 ± 2.54	21.039 ± 2.52
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	10.05567 ± 0.70	9.22659 ± 0.65
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	0.00016 ± 0.000040
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00177 ± 0.00041	0.00046 ± 0.00011
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0754 ± 0.017	0.0602 ± 0.014
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000102 ± 0.000015	0.000014 ± 0.0000020
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0875 ± 0.0079	0.0995 ± 0.0090
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.87 ± 0.15	1.68 ± 0.13
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0117 ± 0.0012	0.0130 ± 0.0013
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0037 ± 0.00090	0.0026 ± 0.00060
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	41.63 *	54.19 * ± 6.50
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	19.456 ± 2.33	25.330 ± 3.040
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	5.771 ± 0.63	7.648 ± 0.84
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	0.00043 ± 0.000030	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0086 ± 0.0011	0.0039 ± 0.00050
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000510 ± 0.000011	0.000379 ± 0.000080
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0119 ± 0.0018	0.0058 ± 0.00090
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00159 ± 0.00033	0.00140 ± 0.00029
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	141.9161 ± 14.19	117.2588 ± 11.73
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 07 9049491.03N / 207684.39E 12/07/2023 17:52:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	5,370.00 ± 1,127.70
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C	mg Sólidos	1	3	3,980 ± 318



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EMP 07 9049491.03N / 207684.39E 12/07/2023 17:52:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	CATEGORIA	SUB CATEGORIA		
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
		Totales Disueltos/L			
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	2.44 *
Aniones					
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.01	0.03	4,061.92 ± 324.95
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	226.385 ± 20.37
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.10174 ± 0.028
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	15.29503 ± 1.68
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01851 ± 0.0039
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00013 ± 0.000030
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.062 ± 0.0070
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	1.75308 ± 0.40
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	77.823 ± 7.78
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.07526 ± 0.0061
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1278 ± 0.022
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.53767 ± 0.048
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	10.89779 ± 2.72
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0306 ± 0.0077
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00216 ± 0.00041
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2170 ± 0.020
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	9.273 ± 2.60
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.04721 ± 0.0038
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00040
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00066 ± 0.000050
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	1,700.8232 ± 136.066
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0227 ± 0.0061
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0951 ± 0.0086
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00086 ± 0.00024
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	47.286 ± 5.67
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	29.35765 ± 2.055
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01082 ± 0.0025
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3191 ± 0.073
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000669 ± 0.00010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.3240 ± 0.029
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	2.44 ± 0.20
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0281 ± 0.0028
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0100 ± 0.0023
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	89.75 ± 10.77
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	41.949 ± 5.034
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	5.109 ± 0.56
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00012 ± 0.000030
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	0.00316 ± 0.00022
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0315 ± 0.0041
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.002312 ± 0.00049
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0728 ± 0.011
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00674 ± 0.0014
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	536.9224 ± 53.69
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00111 ± 0.00026

**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Conductividad	µS/cm	--		0%	100 - 101%		
Sólidos Totales Disueltos	mg Sólidos Totales Disueltos/L	3	<3	0%	97 - 100%		
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	98 - 107%	100%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	100 - 108%	95%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 107%	101%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	99 - 101%	101%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 106%	102%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	1%	94 - 98%	99 - 100%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	105 - 106%	100%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 104%	97%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	104 - 109%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	98 - 120%	102%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	92 - 98%	101 - 102%	1%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	94 - 99%	95%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	96 - 104%	98%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	98 - 107%	94 - 96%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	4%	94 - 100%	103%	1%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	91 - 94%	99%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	91 - 96%	99%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	99 - 103%	100 - 101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	5%	92 - 100%	98 - 99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	2%	92 - 98%	102 - 103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	98 - 106%	98%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	1%	91 - 93%	99%	1%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 101%	94%	1%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	3%	99 - 100%	107%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	100%	99%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 105%	101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	96%	95 - 99%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	93 - 95%	95%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	95 - 96%	100%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	91 - 104%	99 - 102%	8%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	97 - 99%	100%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	93 - 97%	101%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	0%	91 - 104%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	99 - 103%	103%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	2%	98 - 104%	99 - 100%	1%
Silíce Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	100%	92%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	100 - 109%	92%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	93 - 105%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	92 - 93%	101%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	92 - 99%	100 - 101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	98 - 102%	101 - 102%	1%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	2%	91 - 98%	97%	1%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 94%	97%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	97 - 99%	100%	0%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 97%	96%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	91 - 103%	98 - 99%	1%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	91 - 93%	100 - 101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	97 - 107%	99%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	1%	101 - 108%	102%	0%
Potencial de Hidrógeno	pH	--		0%	100%		
Sulfato	mg/L	0.03	<0.03		100%	100 - 101%	0 - 1%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2510B	Callao	Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 23rd Ed: 2017. Conductivity: Laboratory Method
EW_APHA2540C	Callao	Sólidos Disueltos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C; 23rd Ed: 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500HB	Callao	Potencial de Hidrógeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+-B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)
EW_EPA300_0	Callao	Sulfato	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2324441 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Anexo J: Ficha base de recopilación de información de evaluación de riesgos

FICHA BASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

<p>Nombre del Estudio:</p> <p>Evaluación del riesgo ambiental generado por pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcon, sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, provincia de Sihuas - Ancash.</p>	
<p>Objetivo: Evaluar el riesgo ambiental provocado por los pasivos ambientales mineros (PAM) de la Ex Unidad Minera Halcon sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Pasacancha, distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, región de Ancash, con fines de priorización para su remediación.</p>	
<p>Ubicación Geográfica y Política:</p> <p>Los PAM que tienen influencia en toda la microcuenca, básicamente se ubican en los alrededores de la comunidad Juan Velazco Alvarado de Pasacancha, siendo la localización de esta comunidad en la margen izquierda del río Pasacancha en las coordenadas -8.594058° de latitud y -77.655731° de longitud, sobre los 3700 m.s.n.m. Políticamente pertenece al distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas. Hidrográficamente dicha microcuenca pertenece a la cuenca del Alto Marañón y tiene una extensión aproximada de 44.12 km².</p>	<p>Características del ámbito: La zona de estudio viene siendo afectado por procesos por movimientos en masa de tipo deslizamiento y reptación de suelos; presenta montañas estructurales en roca sedimentaria con laderas de pendiente del terreno muy fuerte (25° a 45°). Las precipitaciones pluviales son intensas y/o excepcionales, y no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado por ende la infiltración de aguas subterráneas es permanente. Presenta características climatológicas propias de zona de Puna. Las actividades económicas principales son la agricultura y la ganadería.</p> <p>En cuanto a información estadística podemos mencionar que la población total del centro poblado de Pasacancha es de 520 habitantes, además de ello también cuenta con energía eléctrica en las viviendas y con carretera afirmada (INEI, 2017). Otro aspecto de relevancia corroborado en campo es que el agua utilizada para riego (agricultura) y bebida de animales proviene del río Pasacancha (parte alta, donde no hay contaminación por PAM), y el agua destinada para consumo humano (potabilizada con desinfección) provienen de un manantial.</p>
<p>Referencias del Estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Tesis: Riesgo ambiental generado por los pasivos mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas. . Tesis: Evaluación del riesgo ambiental generado por pasivos mineros en la calidad del agua superficial. . Proyecto de remediación de pasivos ambientales mineros de Ex Unidades Mineras (resumen reporte final – JICA). . Evaluación de riesgos ambientales de emisiones atmosféricas y efluentes por actividad minera-metalúrgica en la provincia de Yauli – La Oroya MINAM. . Metodología para la estimación del nivel de riesgo de pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos. 	<p>Situación Actual:</p> <p>La localidad de Pasacancha en la provincia de Sihuas viene siendo impactada por la presencia de pasivos mineros de la Ex Unidad Minera Halcon que operó en la década de 1970 y abandonó sus operaciones dejando gran cantidad de PAM como: bocaminas, relaves, desmontes, pique, tajos, entre otros. Muchos de estos pasivos generan drenajes contaminantes que ocasionan riesgos importantes en los entornos humano, natural y socioeconómico, siendo el componente del agua superficial uno de los más afectados. Otra situación de preocupación es la ausencia de responsables para llevar a cabo la remediación ambiental de dichos pasivos.</p>

Antecedentes técnicos:

En el 2014 hubo la intención de remediar pasivos ambientales mineros mediante convenio suscrito entre el Estado Peruano y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), donde se pretendió llevar a cabo la remediación de 7 Ex Unidades Mineras, entre las cuales se encontraba considerada la Ex Unidad Minera Halcon ubicado en la comunidad Juan Velasco Alvarado de Pasacancha - provincia de Sihuas. En este contexto y a raíz de que hasta la fecha no se ha efectuado ninguna acción por remediar pasivos ambientales mineros en la localidad de Pasacancha por parte del Estado ni entidades privadas u otras organizaciones, es que se solicitó al MINEM información del estado de dicho proyecto; informando al respecto la Dirección General de Minería que; efectivamente hubo gestiones con la Agencia de cooperación Internacional del Japón (JICA) para obtener financiamiento vía préstamo para la remediación de los PAM ya descritos; sin embargo, dichas gestiones no se concretaron debido a que los criterios técnicos por parte de los especialistas japoneses, diferían a las normas establecidas en nuestro país en cuanto a la concepción de los proyectos de inversión.

Posibles entornos afectados**Entorno humano:**

La estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno humano está referido a la salud, y su consiguiente deterioro a consecuencia de la interacción (inhalación, ingestión y/o contacto dérmico) con sustancias contaminantes presentes del las aguas superficiales, suelo y aire. La fuente de peligro viene a ser los PAM que generan drenajes, y las sustancias tóxicas presentes en los mismo representan al escenario de riesgo.

Entorno natural:

La estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno natural hace referencia a la carga contaminante que soporta el medio, siendo importante ello para determinar la calidad del ambiente. La fuente de peligro, al igual que en el entorno humano viene a ser los PAM que generan drenajes, y las sustancias tóxicas presentes en los mismo representan al escenario de riesgo.

Entorno socioeconómico:

Referido a las actividades económicas y factores sociales que potencialmente se verían afectados por agentes externos. En ese sentido el escenario de riesgo para el entorno socioeconómico está representado por las actividades agrícolas y conflictos socioambientales.

Identificación del peligro:**Pasivos ambientales mineros:**

Bocamina, relaves, desmonte de mina, chimenea, tajo, media barreta, campamentos, pique, plantas de procesamiento, entre otros.

Características del peligro:

Tajo que no genera drenaje, sin embargo, aguas no contaminadas que provienen de mayor altitud (permanente), al llegar a la superficie del tajo se contaminan.

Las bocaminas desde hace décadas vienen generando drenajes de flujo continuo de coloración anaranjada que indicaría la contaminación de sus aguas.

La relavera presenta un drenaje estacional. Además, por la parte superior de la misma hay un canal de flujo continuo.

Plan de muestreo:

- . Delimitación de la zona donde tienen influencia los PAM (técnicas de SIG, teledetección, geocatmin, arcgis, google earth, etc)
- . Identificación de los PAM que generan drenajes y ubicación de puntos de monitoreo (calidad de agua superficial).
- . Determinar el nivel de riesgo ambiental para cada PAM mediante la metodología del MINAM

Acciones de remediación:

- . Identificación del responsable de la remediación.
- . De resultar ser el Estado el responsable; el gobierno Local y Regional iniciarán las acciones pertinentes para la pronta remediación de PAM.

Anexo K: Factores de peligrosidad

FACTORES DE PELIGROSIDAD

1) Factores de peligrosidad para el entorno humano y natural

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
Temperatura	La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad, la cantidad de oxígeno, la velocidad de fotosíntesis de las algas, otras plantas acuáticas y microorganismos, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua. (Castro, V. 2013)	Vertimiento de aguas ácidas	1	Daño leve y reversible (no peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
pH	El pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básica del agua. En ese sentido las aguas ácidas se caracterizan por causar una disminución en el pH. Por convención está definido como: $pH = -\log(H^+)$. El pH mide el grado de acidez o de alcalinidad, pero no determina el valor de la acidez ni de la alcalinidad. Un aumento de la acidez, siempre está asociado a una coloración ocre amarillenta de los lechos de ríos y lagos afectados y el incremento de la turbiedad de las aguas. Este parámetro puede ser medido en campo o en laboratorio por medio de instrumentos electrónicos (pHmetro).	Vertimiento de aguas ácidas	3	Tóxico, corrosivo (peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Conductividad Eléctrica	Se refiere a la capacidad que tiene el agua para conducir la energía eléctrica esto por las sustancias disueltas ionizadas presentes. Es por ello un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, O, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm. o Siemens/cm. Este parámetro es una medida indirecta de los sólidos disueltos. Las aguas que contienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Castro, V. 2013). Valores entre 400 a 1000 $\mu S/cm$, no representa ningún riesgo para la salud; no obstante, esto indica una posible contaminación, valores superiores a los 1000 $\mu S/cm$ indica presencia de posibles contaminantes como intrusión salina, por lo que indica un riesgo alto para la salud.	Vertimiento de aguas ácidas	3	Tóxico, corrosivo (peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Sulfatos	Los procesos de oxidación en la actividad minera, genera un incremento	Vertimiento de aguas	1	Daño leve y	4	Daños

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	del ion sulfato en los cuerpos de agua. Los sulfatos y otros iones, como los fosfatos, pueden actuar como laxantes cuando se ingieren en cantidades elevadas que superan la capacidad del intestino para absorberlos. Estudios con agua de grifo, con voluntarios humanos indicaban efecto laxante en concentraciones de 1000-1200 mg/l. Otros estudios, han observado la aparición de diarrea en recién nacidos expuestos bruscamente a valores superiores a 650 mg/litro de sulfatos. En adultos, se pueden sentir efectos laxantes a partir de los 750 mg/litro. El agua con concentraciones superiores a 1600 mg/litro de sulfatos produce diarrea en animales durante la primera semana, después este efecto desaparece.	ácidas		reversible (no peligroso)		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Aluminio Total	El aluminio produce daños irreversibles porque pone en riesgo la salud de las personas al utilizar esta agua para usos domésticos, también afecta la vida acuática, los animales que toman esta agua y los cultivos al ser regados. Además, causa problemas respiratorios, afecciones al sistema nervioso, enfermedades a los huesos o del cerebro, Alzheimer, cáncer de mama, casos de cáncer al pulmón. Para los organismos acuáticos y terrestres, es considerado un agente tóxico, en los mamíferos interfiere en los procesos metabólicos; en los invertebrados y peces reduce el plasma y reduce la capacidad de osmorregulación; en las plantas actúa como agente inhibidor de los nutrientes. Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua. La presencia de aluminio en concentraciones mayores que 0,1–0,2 mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro (OMS, 2018). La absorción de niveles elevados de aluminio causa daños en el tejido nervioso, llegando a producir daños cerebrales graves e incluso fatales (Nordberg, G. 2012)	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Arsénico Total	El arsénico (As) es un semimetal altamente tóxico y cancerígeno el cual	Liberación de drenaje	4	Daños	4	Daños

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	se encuentra presente en la naturaleza debido principalmente a fuentes antropogénicas, como minería, manufactura, combustión, entre otros procesos (Castro, V. 2013). La intoxicación aguda con compuestos de arsénico suele ir acompañada de anemia y leucopenia, especialmente granulocitopenia. Adicional a estos efectos también puede generar diabetes, enfermedades cardiovasculares, lesiones cutáneas, hiperqueratosis, cáncer, arsenicosis. En las personas que sobreviven a una intoxicación aguda, es frecuente que aparezcan alteraciones neurológicas periféricas algunas semanas después de la ingestión (Nordberg, G. 2012). Entre los principales efectos que el arsénico produce en plantas está la reducción de germinación de semillas, siendo el arsenito el que mayores efectos tiene debido a que es más fitotóxico que el arsenato. (Castro, V. 2013).	cargado de contaminantes		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Cadmio Total	El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón, su semivida biológica en el ser humano es prolongada, de 10 a 35 años, tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales, lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas. Aparte de la osteoporosis, se le atribuye también la aparición del cáncer de pulmón, a la próstata, y a los riñones. Los cambios asociados con la intoxicación crónica por cadmio pueden ser locales, en cuyo caso se afectan las vías respiratorias, o sistémicos, debidos a la absorción de cadmio. Las alteraciones sistémicas incluyen lesiones renales, con proteinuria y anemia. Estudios epidemiológicos demuestran una relación dosis respuesta y un aumento en la mortalidad por cáncer pulmonar en los trabajadores expuestos al cadmio. Hay pruebas de que el cadmio es cancerígeno por inhalación, y el CIIC ha clasificado el cadmio y los compuestos de cadmio en el Grupo 2 ^a (probablemente cancerígenos para los humanos). (OMS.2018). La absorción del cadmio por parte de plantas y la biodisponibilidad del elemento en el suelo depende de varios factores. En las plantas afecta a su crecimiento, es tóxico para organismos acuáticos y algas.	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Cromo Total	La exposición al cromo ocurre al ingerir agua o alimentos contaminados	Liberación de drenaje	4	Daños	4	Daños

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	o al respirar aire contaminado en el trabajo. Niveles altos de cromo (VI) puede producir cáncer e irritación del revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios tales como asma, tos, falta de aliento o respiración jadeada. Ingerir niveles altos de cromo (VI) puede producir anemia o dañar el estómago o los intestinos, también puede afectar el sistema reproductivo. Además, el contacto de la piel con ciertos compuestos de cromo (VI) puede producir úlceras en la piel. Por último, el efecto principal que se observa en animales que ingieren compuestos de cromo (VI) son irritación y úlceras en el estómago y el intestino delgado y anemia. Los compuestos de cromo (III) son mucho menos tóxicos y no parecen causar estos problemas.	cargado de contaminantes		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Cobre Total	El cobre se encuentra en concentraciones altas en aguas ácidas, causa daños al hígado, riñones, así como la irritación del estómago y del intestino, además produce dolor abdominal, lesión hepática, calambres, anemia, náuseas, vómito y diarrea, insuficiencia cardíaca, enfermedad de Wilson, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. El cobre se puede acumular en plantas y animales cuando están en el suelo, debido a que no se degrada en el ambiente, afectando así la salud y supervivencia de los animales y plantas.	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Hierro Total	La inhalación de polvo que contenga óxido de hierro o sílice puede originar neumoconiosis, cáncer de pulmón en el hombre, así como diabetes, enfermedades del sistema nervioso, insuficiencia cardíaca, disminución de capacidad de orientación, hemocromatosis, y cuando se combina con sustancias cancerígenas en ciertas condiciones, actúa como un agente co-cancerígeno en animales. El hierro entra en contacto con los tejidos y permanece en ellos, en concentraciones excesivas puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos. En altas concentraciones el hierro puede dañar la respiración de los peces y de allí afectar toda la cadena alimenticia, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas.	Liberación de drenaje cargado de contaminantes	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)	4	Daños irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Manganeso Total	El manganeso es una sustancia natural que se encuentra en diversos tipos de rocas. El manganeso puro es un metal de color plateado; sin	Liberación de drenaje cargado de	4	Daños	4	Daños

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	<p>embargo, en la naturaleza no se le encuentra en forma pura, sino combinado con otras sustancias tales como oxígeno, azufre y cloro. La inhalación de una gran cantidad de polvo o vapores que contienen manganeso puede producir irritación de los pulmones y posiblemente neumonía. En hombres expuestos a niveles altos de manganeso en el aire del trabajo se han descrito pérdida del deseo sexual y daño de los espermatozoides. La intoxicación crónica por manganeso puede tener manifestaciones nerviosas o pulmonares. El manganeso es un elemento esencial para los seres humanos y los animales. Varios estudios epidemiológicos han sugerido que el manganeso soluble en el agua potable está asociado con efectos adversos en el aprendizaje de los niños. No representa una preocupación para la salud en los niveles que suelen causar problemas de aceptabilidad en el agua potable. Sin embargo, hay circunstancias en las que el manganeso puede permanecer en solución en concentraciones más altas en algunas aguas ácidas o anaerobias, especialmente en las aguas subterráneas. (OMS.2018). El manganeso, tiene efectos neurológicos tras la exposición por inhalación. Altas concentraciones de manganeso están relacionadas a la aparición del párkinson, embolia de los pulmones, problemas de comportamiento, movimientos lentos y sin coordinación, temblores, irritabilidad, depresión, inapetencia, dolores de cabeza; lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. El manganeso para las plantas se vuelve tóxico especialmente en suelos ácidos, con un bajo pH (menor a 5) ya que el Mn se vuelve soluble y puede ser absorbido. Dentro de los efectos de la toxicidad por manganeso, este suele acumularse con mayor concentración en hojas, a diferencia de otros metales que lo hacen en raíces y tallos (Castro, V.2013). Para los organismos acuáticos, es un agente tóxico; en las plantas causa la reducción de clorofila, proteínas y azúcar.</p>	contaminantes		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)		irreversibles, muy tóxico (muy peligroso)
Mercurio Total	Los síntomas de una intoxicación aguda son: irritación pulmonar (neumonía química), que puede producir edema pulmonar agudo. La	Liberación de drenaje cargado de	4	Daños irreversibles,	4	Daños irreversibles,

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	<p>intoxicación grave se caracterizaba por importantes trastornos renales, digestivos, mentales y nerviosos. (Nordberg, G. 2012) El mercurio inorgánico está presente en aguas superficiales y subterráneas, en concentraciones generalmente menores de 0.5 µg/l, aunque pueden darse concentraciones mayores en aguas subterráneas por la presencia de menas de mercurio. Los efectos tóxicos de los compuestos inorgánicos del mercurio se observan principalmente en los riñones, tanto en personas como en animales de laboratorio, tras exposiciones breves o prolongadas. En las ratas, estos efectos incluyen el aumento del peso absoluto y relativo de los riñones, la necrosis tubular, la proteinuria y la hipoalbuminemia. En el ser humano, la toxicidad aguda produce alteraciones neuromusculares, hipertrofia de tiroides, insomnio, taquicardia, daños neurológicos y trastornos renales. El conjunto de pruebas indica que el cloruro de mercurio (II) puede aumentar la incidencia de algunos tumores benignos en los tejidos afectados y que posee una actividad genotóxica débil, pero no causa mutaciones puntuales. (OMS.2018). La toxicidad del mercurio depende de la fase química en la que se encuentre. El metilmercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bioacumulado en seres vivos. Principalmente afecta al sistema nervioso y puede producir graves daños en el cerebro en estado fetal. Es activamente perjudicial para el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales puede ser convertido en metilmercurio y absorbido así rápidamente por la mayoría de los organismos dañando al sistema nervioso. Como consecuencia, el metilmercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias. Los efectos del mercurio en los animales son: daños en los riñones, trastornos en el estómago, daños en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.</p>	contaminantes		muy tóxico (muy peligroso)		muy tóxico (muy peligroso)
Plomo Total	Los efectos biológicos del plomo son los mismos independientemente de que entre en el organismo por inhalación o ingestión. El plomo	Liberación de drenaje cargado de	4	Daños irreversibles,	4	Daños irreversibles,

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad			
			Entorno humano		Entorno natural	
	<p>interfiere en la función celular normal y en varios procesos fisiológicos. En ese sentido pueden observarse, efectos neurológicos, efectos hematológicos, efectos endocrinos, efectos renales, efectos sobre la reproducción y el desarrollo, efectos cancerígenos. (Nordberg, G. 2012). Puede causar perturbación de la biosíntesis de la hemoglobina, anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos, perturbación del sistema nervioso, dificultades con la concentración y la memoria, problema articular y muscular, cambios en el estado de ánimo, enfermedades cardiovasculares. El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre y puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. El plomo es un elemento que se acumula en los cuerpos de organismos acuáticos y organismos del suelo, los efectos están relacionados al envenenamiento por plomo. Asimismo, puede entrar en las cadenas alimenticias y afectar a los seres humanos, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. En el caso de las plantas, el Pb puede ser absorbido desde el suelo o por vía aérea por la deposición seca del plomo. En el suelo, la disponibilidad del Pb depende de la cantidad de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico del suelo y pH, sobre todo a valores entre 3.5 y 8. Las raíces suelen absorber mucho más plomo que las hojas, y es en esta parte donde se suele acumular en mayores cantidades que en hojas, tallos florecencias o semillas. Así, la acumulación de Pb en raíces se da principalmente en las paredes celulares y vacuolas de células radiculares, lo que provoca que las raíces se tornen de un color negruzco y se observe una reducción en su tamaño. Adicionalmente, las raíces laterales son más sensibles que las primarias a la presencia del Pb en el suelo. Por otra parte, la absorción en hojas depende de la edad de las mismas, encontrándose más Pb en hojas caducas que jóvenes. (Castro, V. 2013).</p>	contaminantes		muy tóxico (muy peligroso)		muy tóxico (muy peligroso)
Zinc Total	El zinc es un nutriente esencial y componente de las metaloenzimas que participan en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de	Liberación de drenaje cargado de	4	Daños irreversibles,	4	Daños irreversibles,

Parámetro	Afectación a la salud y calidad ambiental	Escenario de riesgo	Factor de Peligrosidad	
			Entorno humano	Entorno natural
	<p>las proteínas. El zinc no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan una ingesta diaria mínima de zinc. Su absorción es más fácil a partir de proteínas animales que de productos vegetales. (Nordberg, G. 2012). Sin embargo, altas cantidades de zinc pueden también causar úlceras en el estómago, causar daño al páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arteriosclerosis, náuseas, vómitos, diarrea, pérdida de apetito, afectación del sistema inmunitario, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. El zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, sino también para las plantas. En suelos ricos en zinc, sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. En altas concentraciones en plantas, los efectos típicos que presenta son un retardo en el crecimiento, interferencia en ciertos metabolismos, las hojas se tornan marrones desde el centro de la misma hacia la punta y posteriormente expandiéndose hacia los bordes, pudiendo culminar en clorosis. El zinc en animales es utilizado en enzimas y metabolismo normal de proteínas, pero los efectos tóxicos de este micronutriente, en concentraciones de 4 a 8 g/kg incluyen disminuciones en el crecimiento, rigidez, hemorragias alrededor de las articulaciones de los huesos y excesiva absorción ósea. En niveles de 0.9 a 1.7 g/kg, se produce una reducción del apetito e inducen al apetito depravado, manifestado por masticar madera y un consumo elevado de suplementos minerales. (Castro, V. 2013).</p>	contaminantes	muy tóxico (muy peligroso)	muy tóxico (muy peligroso)

2) Consideraciones para determinar el factor de peligrosidad en el entorno socioeconómico

- Conflictos socioeconómicos

Pueden destacarse algunas características generales de los conflictos sociales. En primer lugar, son procesos, es decir, no son estáticos y tienen un desarrollo temporal. En este sentido, pueden analizarse en términos de ciclos o series de ciclos con un inicio, un desarrollo y un cierre, que puede ser parcial o total. Estos procesos tienen lugar en el ámbito público, por lo que se excluyen las disputas del espacio privado. En cuanto al ambiente, un daño en el mismo puede considerarse como la base de un potencial conflicto ambiental. Se puede presentar como conflicto ambiental y conflicto socio ambiental, en el primer caso, se trataría de conflictos relacionados con el daño a los recursos naturales, donde la oposición proviene principalmente de actores exógenos, por lo común activistas de organizaciones ambientalistas. Esta lectura toma en cuenta las organizaciones que defienden el ambiente y los recursos naturales. En el segundo caso, los conflictos también involucran a las comunidades directamente afectadas por los impactos derivados de un determinado proyecto. (Walter, M. 2009)

- Conflictos sociales

El conflicto social debe ser entendido como un proceso complejo en el cual sectores de la sociedad, el Estado y las empresas perciben que sus objetivos, intereses, valores o necesidades son contradictorios y esa contradicción puede derivar en violencia. (Defensoría del pueblo.2022)

El conflicto es inherente a la vida. Es una característica natural e inevitable de la existencia humana y de la interacción social. En ese sentido, conflicto y violencia no son lo mismo; la violencia es la manifestación destructiva del conflicto social. (Defensoría del pueblo.2022)

- Estado de conflictos

Conflicto activo: Es el conflicto social expresado por alguna de las partes o por terceros a través de demandas públicas, formales o informales. (Defensoría del pueblo.2022)

Conflicto latente: Es el conflicto social no expresado públicamente. Permanece oculto, silencioso o inactivo, en el que se puede observar la concurrencia de factores

que tienen un curso de colisión pero que no se manifiestan o habiéndose manifestado han dejado de hacerlo durante un tiempo considerable. (Defensoría del pueblo.2022)

Conflicto resuelto: Es el conflicto social cuya solución es aceptada por las partes, mediante acuerdos, normas, resoluciones, dando por concluida la disputa. (Defensoría del pueblo.2022)

• Fases de los conflictos Sociales

Son los momentos por los que puede pasar un conflicto social activo, en función al incremento o disminución de la violencia, y las posibilidades de diálogo y entendimiento. (Defensoría del pueblo.2022)



Fuente: Reporte de conflictos sociales N.º226 (Defensoría del pueblo 2022)

Anexo L: Respuesta de la Defensoría del Pueblo a la solicitud de información sobre la cantidad de conflictos socioambientales en los últimos 10 años en la provincia de Sihuas -
Ancash

**ANEXO III****FORMATO DE PUESTA A DISPOSICIÓN DE LA INFORMACIÓN PÚBLICA
SOLICITADA**

N° de Registro: 0012024000039

N° ingreso TD: 0012024003230

Nombre del solicitante: Waldemar Alejos Gonzalez

Número de documento de identificación: 47750558

Domicilio o correo electrónico: alejosgonzalezw@gmail.com

Nombre del responsable de entregar la información pública: Porfirio Barrenechea Cárdenas

Siendo las 13:00 horas, del 14 de marzo de 2024, quien suscribe comunica lo siguiente:

Usted solicitó:

"Reporte de conflictos socioambientales durante los últimos 10 años en la provincia de Sihuas, departamento de Áncash (cantidad de conflictos socioambientales en los últimos 10 años)"

Al respecto, informamos que durante el periodo 2014-2023 no se registró conflictos socioambientales en la provincia de Sihuas, departamento de Áncash. Sin embargo, sí se reportó un conflicto de tipo electoral y un conflicto por otros asuntos. Se adjunta información de cada caso.



Porfirio Barrenechea Cárdenas
Funcionario Responsable de Acceso a la Información Pública
de la Adjuntía para la Prevención de los Conflictos Sociales y la Gobernabilidad

Anexo M: Respuesta de la Dirección General de Minería del MINEM, a la solicitud de Información sobre la situación del proyecto de remediación de los pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Halcón ubicados en el distrito de Cashapampa - Sihuas - Ancash

Lima, 6 de julio 2023

OFICIO N° 1360-2023-MINEM/DGM

Señor

WALDEMAR CLEYSON ALEJOS GONZALEZ
Asociación Vivienda Los Sauces Mz. M Lt. 6
Puente Piedra – Lima
Ancash. -

Asunto: Información sobre la situación del proyecto de remediación de los pasivos ambientales mineros Halcón ubicados en el distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas, departamento de Ancash.

Referencia: Registro N° 3521664

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al Oficio N° 012-2023-WCAG del 26 de junio de 2023 para manifestarle que efectivamente el Ministerio de Energía y Minas realizó gestiones con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) para obtener financiamiento vía préstamo para la remediación de 545 pasivos ambientales mineros distribuidos en siete (07) ex unidades mineras: San Francisco 2, Mercedes 3, Lanachonta, Esparta, Manto, Halcón, Miguelito N°1.

Sin embargo, dichas gestiones no se concretaron debido a que los criterios técnicos por parte de los especialistas japoneses, difieren a las normas establecidas en nuestro país en cuanto a la concepción de los proyectos de inversión; en ese sentido, esta Dirección General realizará las acciones para priorizar la remediación de los PAM de alto y muy alto riesgo; que de acuerdo al último inventario actualizado con R.M. N° 335-2022-MINEM/DM son 48 PAM; cabe señalar que previo a la remediación se debe contar con disponibilidad presupuestal.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi mayor consideración y estima.

Atentamente,

Firmado digitalmente por SOTO YEN
Jorge Enrique FAU 20131368829 hard
Entidad: Ministerio de Energía y Minas
Motivo: Firma del documento
Fecha: 2023/07/06 23:26:32-0500

Ing. Jorge Enrique Soto Yen
Director General de Minería

/IMAH

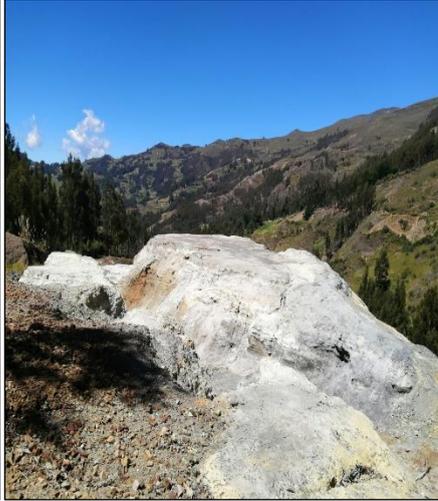
Anexo N: Panel fotográfico

Fotografía 1: PAM-1 (ID: 8381)

a)



b)



c)

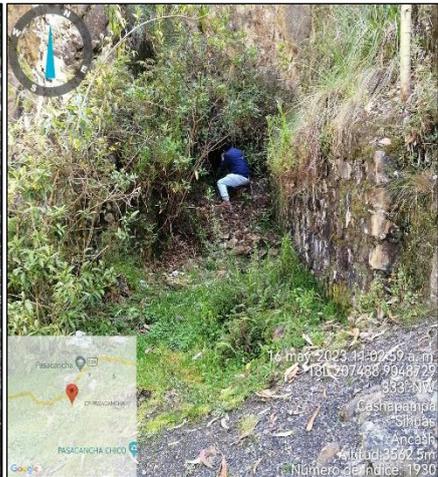


Fotografía 2: PAM-5 (ID: 8375)

a)



b)



c)



Fotografía 3: PAM-7 (ID: 5392)

a)



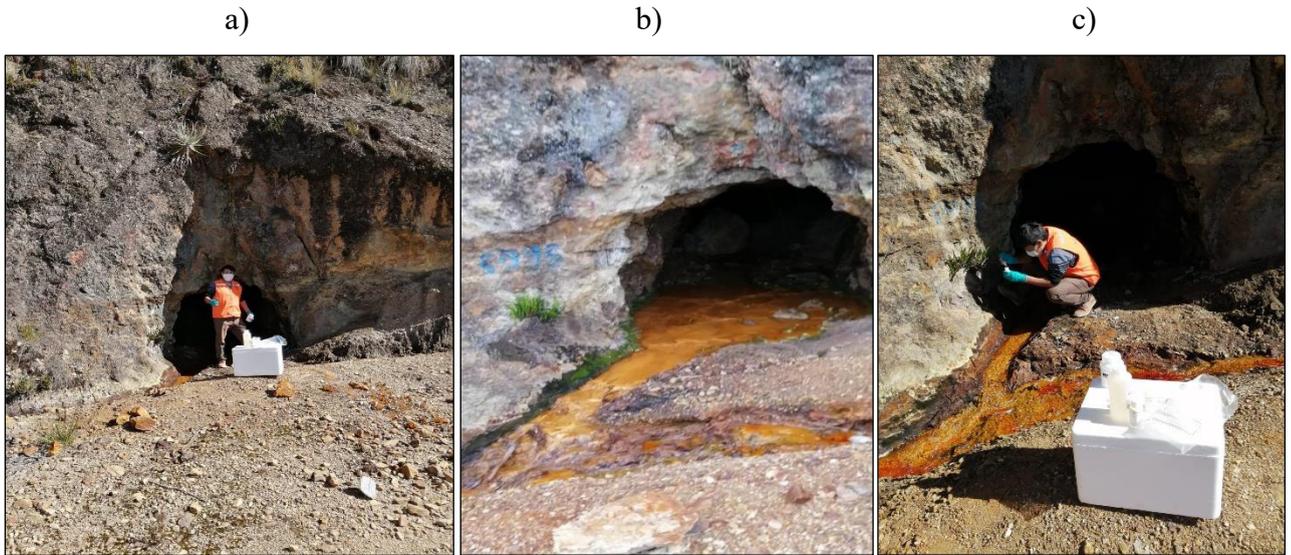
b)



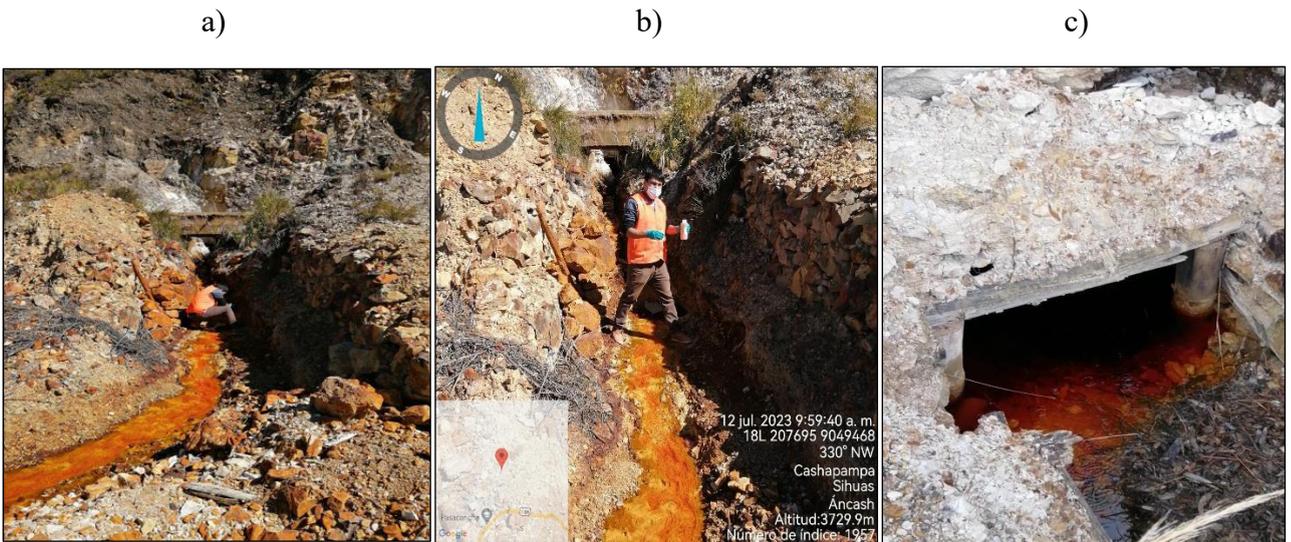
c)



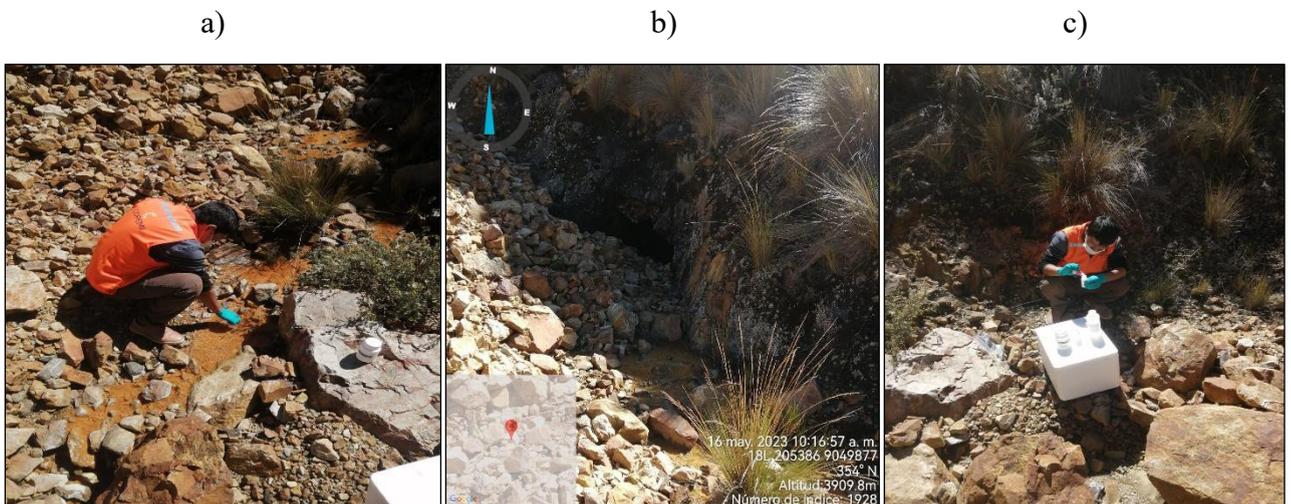
Fotografía 4: PAM-14 (ID: 5395)



Fotografía 5: PAM-17 (ID: 5405)



Fotografía 6: PAM-30 (ID: 5468)



Fotografia 7: PAM-37 (ID: 5473)

a)



b)



c)

