

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS**  
**NATURALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS**  
**NATURALES**



**“RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES**  
**MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO**  
**SIHUAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

**AUTORES**

CÉSAR ANTONIO CAMPOS CAYCHO  
CELIA TEREZA DE LOS MILAGROS MORENO ACERO

**ASESOR**

MG. LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL AMBIENTE

Callao, 2022

PERÚ

Three handwritten signatures in black ink are located on the right side of the page. The top two are larger and more stylized, while the bottom one is smaller and more compact.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**  
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



IV CICLO TALLER DE TESIS

**ANEXO 3**

**ACTA N° 002-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

**LIBRO 01 FOLIO No. 73 ACTA N°002-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

A los 12 días del mes de noviembre del año 2022, siendo las 09:11 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/rdm-ukyy-grv>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

<b>Mg. Teófilo Allende Ccahuana</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Dr. José Pablo Rivera Rodríguez</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa</b>	<b>: Vocal</b>
<b>Mtro. Abner Josué Vigo Roldan</b>	<b>: Suplente</b>
<b>Mg. Luis Enrique Lozano Vieytes</b>	<b>: Asesor</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres César Antonio Campos Caycho y Celia Tereza De Los Milagros Moreno Acero, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **“RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS”**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Bueno y calificación cuantitativa QUINCE (15) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10:30 horas del día sábado 12 de noviembre del año en curso.

\_\_\_\_\_  
**Presidente**

\_\_\_\_\_  
**Secretario**

\_\_\_\_\_  
**Vocal**

\_\_\_\_\_  
**Asesor**

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

**FACULTAD:** INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**UNIDAD DE INVESTIGACION:** DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**TITULO:** “RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS”

**AUTORES:**

CELIA TEREZA DE LOS MILAGROS MORENO ACERO

**DNI:** 46700858

**ORCID:** 0000-0003-2679-5342

CÉSAR ANTONIO CAMPOS CAYCHO

**DNI:** 47559332

**ORCID:** 0000-0001-6233-5349

**ASESOR:** Mg. LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES

**DNI:** 41894276

**CODIGO ORCID:** 0000-0002-5273-0019

**LUGAR DE EJECUCION:** LIMA

**UNIDAD DE ANALISIS:** PARTE BAJA DEL RIO SIHUAS, REGIÓN DE ANCASH.

**TIPO DE INVESTIGACION:** APLICADA

**ENFOQUE:** CUANTITATIVO

**DISEÑO:** NO EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:** 1.0508 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

## **DEDICATORIA**

### **MORENO ACERO, CELIA TEREZA DE LOS MILAGROS**

A Dios por guiar mis pasos y nunca dejarme sola.

A mis padres Aideé y Zenón por encaminar mi vida  
con sabiduría y amor incondicional.

A mis hermanos Stefany y Dante por su paciencia,  
consejos y soporte a lo largo de mi vida.

A mi esposo Andrés por su amor y ayuda  
para motivarme a ser cada vez mejor.

### **CAMPOS CAYCHO, CESAR ANTONIO**

A mis padres,  
por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad;  
muchos de los logros se los debo a ustedes,  
en los que incluyo este.

A mis hermanas, quienes han sido mi soporte en las dificultades  
y a todos los que hicieron posible este logro: gratitud infinita.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao y nuestros maestros que nos ayudaron a formarnos como profesionales competentes.

Gracias al Ing. Luis Enrique Lozano, por aceptar ser nuestro asesor y brindarnos sus conocimientos y experiencias para poder culminar la presente Tesis.

A nuestros jurados revisores:

Mg. Teófilo Allende Cahuana, Dr. Pablo Rivera Rodríguez, Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa y Mtro. Abner Josué Vigo Roldán, por las sugerencias precisas y aporte pertinente.

A la Mg. Carmen Mabel Luna Chávez por su apoyo, sus conocimientos y sus consejos para culminar esta investigación.

A nuestros familiares y amigos por alentarnos constantemente y a quienes nos colaboraron en diversos aspectos durante la realización del presente estudio.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
I. <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1.  Descripción de la realidad problemática .....	4
1.2.  Formulación del Problema .....	5
1.2.1.  Problema General .....	5
1.2.2.  Problemas Específicos .....	6
1.3.  Objetivos de la Investigación .....	6
1.3.1.  Objetivo General .....	6
1.3.2.  Objetivos específicos.....	6
1.4.  Justificación .....	6
1.5.  Delimitantes de la investigación .....	6
1.5.1.  Teórica.....	7
1.5.2.  Temporal.....	7
1.5.3.  Espacial.....	7
II. <b>MARCO TEORICO</b> .....	8
2.1.  Antecedentes... ..	8
2.1.1.  Internacionales.....	8
2.1.2.  Nacionales.....	10
2.2.  Bases teóricas .....	13
2.2.1.  La actividad minera en el Perú .....	13
2.2.2.  Recurso agua.....	23
2.2.3.  Evaluación de Riesgos Ambientales .....	28
2.2.4.  Río Sihuas y su afluente el río Pasacancha.....	30
2.3.  Marco conceptual .....	52
2.4.  Definición de términos básicos.....	53
III. <b>HIPÓTESIS Y VARIABLES</b> .....	55

3.1.	Hipótesis .....	55
3.1.1.	Hipótesis General.....	55
3.1.2.	Hipótesis Especifica.....	55
3.2.	Operacionalización de la variable .....	56
IV.	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>57</b>
4.1.	Diseño metodológico .....	57
4.2.	Método de la investigación.....	57
4.3.	Población y muestra .....	72
4.4.	Lugar de estudio.....	73
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	73
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	76
4.6.1.	Identificación de peligros .....	76
4.6.2.	Definición del suceso indicador.....	77
4.6.3.	Formulación de escenarios .....	77
4.6.4.	Estimación de la probabilidad.....	80
4.6.5.	Estimación de la gravedad de las consecuencias.....	81
4.6.6.	Estimación del riesgo .....	98
4.6.7.	Evaluación del riesgo ambiental .....	106
4.6.8.	Caracterización del riesgo ambiental .....	112
4.7.	Aspectos éticos de la investigación .....	114
V.	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>115</b>
5.1.	Resultados descriptivos .....	115
5.1.1.	Frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por PAM ...	115
5.1.2.	Análisis de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos.....	115
5.1.3.	Significancia de la población afectada por PAM .....	118
5.1.4.	Significancia de la pérdida del cuerpo receptor por PAM .....	120
5.2.	Resultados inferenciales .....	120
5.2.1.	Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM .....	120
5.2.2.	Calidad del agua .....	122
5.2.3.	Población.....	123
5.2.4.	Cuerpo receptor del patrimonio y capital productivo .....	125

5.2.5.	Riesgo ambiental.....	127
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	135
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados...135	
6.1.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis general con los resultados.....	135
6.1.2.	Contrastación y demostración de la hipótesis específica con los resultados.....	135
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	137
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes ...	138
VII.	CONCLUSIONES.....	139
VIII.	RECOMENDACIONES .....	141
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Inventario regional con mayor cantidad de PAM 2014-2019.....	16
Figura 2 Número de PAM por regiones y niveles de riesgo alto y muy alto .....	16
Figura 3 Demanda de agua durante el ciclo de vida de un proyecto minero.....	28
Figura 4 Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales .....	29
Figura 5 Mapa de ubicación del área de estudio.....	31
Figura 6 Mapa de fisiografía del río Sihuas y Pasacancha .....	34
Figura 7 Vista tridimensional en los ríos Sihuas y Pasacancha .....	35
Figura 8 Mapa de geomorfología del río Sihuas y Pasacancha .....	37
Figura 9 Mapa de clasificación de suelos del río Sihuas y Pasacancha .....	38
Figura 10 Mapa de capacidad de uso mayor del río Sihuas y Pasacancha .....	43
Figura 11 Mapa de hidrografía del río Sihuas y Pasacancha.....	44
Figura 12 Mapa de ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha .....	46
Figura 13 Mapa de zonas de vida del río Sihuas y Pasacancha.....	47
Figura 14 Mapa de clasificación climática del río Sihuas y Pasacancha.....	48
Figura 15 Mapa de cobertura vegetal del río Sihuas y Pasacancha .....	50
Figura 16 Mapa de ecosistemas y ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha .....	51
Figura 17 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.....	62
Figura 18 Mapa de afectación en la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha .....	63
Figura 19 Mapa de ubicación del área de estudio.....	64
Figura 20 Estimación del riesgo ambiental.....	71
Figura 21 Evaluación del riesgo ambiental.....	71
Figura 22 Riesgo ambiental en el entorno humano RSihu3.....	107
Figura 23 Riesgo ambiental en el entorno natural RSihu3.....	107
Figura 24 Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RSihu3 .....	108
Figura 25 Riesgo ambiental en el entorno humano RPasa1 .....	109
Figura 26 Riesgo ambiental en el entorno natural RPasa1 .....	109
Figura 27 Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RPasa1 .....	110
Figura 28 Riesgo ambiental en el entorno humano RPasa2 .....	111

Figura 29 Riesgo ambiental en el entorno natural RPasa2 .....	111
Figura 30 Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RPasa2 .....	112
Figura 31 Prueba unilateral cola a la derecha - Probabilidad.....	122
Figura 32 Prueba unilateral cola a la derecha - Población.....	125
Figura 33 Prueba bilateral – Factor PCP.....	127
Figura 34 Prueba bilateral – Riesgo ambiental RSihu3.....	129
Figura 35 Prueba bilateral – Riesgo ambiental RPasa1 .....	132
Figura 36 Imagen de PAM tipo relaves mineros en Pasacancha .....	150
Figura 37 Imagen de PAM de tipo bocaminas en Pasacancha.....	151
Figura 38 Imagen de formación tipo quebrada del flujo de drenaje ácido de mina .....	153
Figura 39 Imagen de PAM de tipo residuo minero en Pasacancha .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evolución del Inventario de los PAM (2018-2021) .....	15
Tabla 2 Efectos de los pasivos ambientales mineros .....	20
Tabla 3 Problemas clave de los pasivos mineros .....	22
Tabla 4 Usos del agua en la minería .....	27
Tabla 5 Formas de relieve el río Sihuas y Pasacancha .....	33
Tabla 6 Geomorfología del río Sihuas y Pasacancha .....	36
Tabla 7 Clasificación de suelos en el río Sihuas y Pasacancha .....	36
Tabla 8 Capacidad de uso mayor en el río Sihuas y Pasacancha .....	39
Tabla 9 Parámetros básicos del río Sihuas .....	39
Tabla 10 Parámetros de forma del río Sihuas .....	40
Tabla 11 Parámetros de relieve del río Sihuas .....	40
Tabla 12 Parámetros de la red de drenaje del río Sihuas .....	40
Tabla 13 Parámetros básicos del río Pasacancha .....	41
Tabla 14 Parámetros de forma del río Pasacancha .....	41
Tabla 15 Parámetros de relieve del río Sihuas .....	42
Tabla 16 Parámetros de la red de drenaje del río Sihuas .....	42
Tabla 17 Ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha .....	45
Tabla 18 Climatología del río Sihuas y Pasacancha .....	45
Tabla 19 Cobertura vegetal del río Sihuas y Pasacancha .....	49
Tabla 20 Ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha .....	49
Tabla 21 Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de estudio .....	58
Tabla 22 Ubicación de los puntos de monitoreo RSih3, RPasa1 y RPasa2 .....	58
Tabla 23 Resultados de la calidad del agua para RSih3 .....	59
Tabla 24 Resultados de la calidad del agua para RPasa1 .....	60
Tabla 25 Resultados de la calidad del agua para RPasa2 .....	61
Tabla 26 Estimación de la probabilidad de ocurrencia .....	65
Tabla 27 Factor cantidad para el entorno humano .....	66

Tabla 28 Factor peligrosidad para el entorno humano .....	67
Tabla 29 Factor extensión en el entorno humano .....	67
Tabla 30 Factor población .....	68
Tabla 31 Factor calidad del medio (CM).....	69
Tabla 32 Factor de patrimonio y capital productivo (PCP).....	70
Tabla 33 Identificación de peligros en los entornos.....	76
Tabla 34 Análisis del entorno humano, natural y socioeconómico .....	77
Tabla 35 Formulación de escenario en el entorno humano.....	78
Tabla 36 Formulación de escenario en el entorno natural.....	79
Tabla 37 Formulación de escenario en el entorno socioeconómico .....	80
Tabla 38 Criterios de determinación de la frecuencia de drenaje.....	81
Tabla 39 Determinación de la probabilidad .....	81
Tabla 40 Factor cantidad para RSih3 .....	82
Tabla 41 Factor cantidad para RPasa1 .....	83
Tabla 42 Factor cantidad para RPasa2 .....	84
Tabla 43 Factor de peligrosidad de los PAM en Sihuas .....	85
Tabla 44 Factor de extensión en Sihuas .....	86
Tabla 45 Factor de población en Sihuas y Cashapampa .....	86
Tabla 46 Gravedad del entorno humano RSihu3 .....	87
Tabla 47 Gravedad del entorno humano RPasa1.....	88
Tabla 48 Gravedad del entorno humano RPasa2.....	89
Tabla 49 Factor de Calidad del medio para RSihu3 .....	90
Tabla 50 Factor de Calidad del medio para RPasa1 .....	91
Tabla 51 Factor de Calidad del medio para RPasa2 .....	92
Tabla 52 Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RSihu3 .....	93
Tabla 53 Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RPasa1 .....	94
Tabla 54 Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RPasa2 .....	95
Tabla 55 Factor Patrimonio y Capital Productivo (PCP) en Sihuas .....	96
Tabla 56 Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RSihu3.....	97
Tabla 57 Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RPasa1.....	97
Tabla 58 Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RPasa2.....	98

Tabla 59 Porcentaje de riesgo ambiental .....	98
Tabla 60 Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RSihu3 .....	99
Tabla 61 Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RPasa1 .....	100
Tabla 62 Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RPasa2 .....	101
Tabla 63 Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RSihu3 .....	102
Tabla 64 Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RPasa1 .....	103
Tabla 65 Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RPasa2 .....	104
Tabla 66 Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RSihu3 .....	105
Tabla 67 Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RPasa1 .....	105
Tabla 68 Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RPasa2 .....	106
Tabla 69 Riesgo ambiental para RSihu3 .....	113
Tabla 70 Riesgo ambiental para RPasa1 .....	113
Tabla 71 Riesgo ambiental para RPasa2 .....	114
Tabla 72 Frecuencia relativa porcentual del factor probabilidad (P) .....	115
Tabla 73 Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RSihu3 .....	116
Tabla 74 Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa1 .....	117
Tabla 75 Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa2 .....	118
Tabla 76 Abastecimiento de agua en Sihuas y Pasacancha en manantial, puquio, río, acequia, lago o laguna.....	119
Tabla 77 Calidad de agua para riego en Sihuas y Pasacancha .....	119
Tabla 78 Datos de media y desviación para el flujo drenaje ácido de mina de los PAM	121
Tabla 79 Prueba para una muestra (Probabilidad) .....	121
Tabla 80 Datos de media y desviación para el distrito de Sihuas y Cashapampa.....	124
Tabla 81 Prueba para una muestra (Población) .....	124
Tabla 82 Datos de media y desviación para el PCP.....	126
Tabla 83 Prueba para una muestra (Factor PCP) .....	126
Tabla 84 Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RSihu3 .	128
Tabla 85 Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto RSihu3 ....	128
Tabla 86 Prueba para una muestra (Riesgo ambiental en RSihu3) .....	129

Tabla 87 Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RPasa1	130
Tabla 88 Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto Rpasa1 ....	131
Tabla 89 Prueba para una muestra (Riesgo ambiental en RPasa1) .....	131
Tabla 90 Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RPasa2	133
Tabla 91 Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto RPasa2 ...	133
Tabla 92 Datos del promedio de los entornos en RPasa2.....	134
Tabla 93 Inventario de Pasivos ambientales mineros (PAM) .....	155
Tabla 94 Probabilidad de ocurrencia por cada pasivo ambiental minero.....	157
Tabla 95 Factor de extensión por cada pasivo ambiental minero.....	160
Tabla 96 Factor de peligrosidad por cada parámetro .....	187

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el nivel de riesgo ambiental generado por los pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas. El tipo de investigación es aplicada y de diseño no experimental, por su enfoque es cuantitativo y por su nivel es explicativo. Los métodos utilizados son de revisión documentaria, hipotético deductivo y observacional. La población es la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha y se utilizó como muestra los tres puntos de monitoreo (RSihu3, RPasa2 y RPasa1) establecido por el ALA de Pomabamba. El instrumento de recolección de datos es la metodología de la Guía de evaluación del riesgo ambiental del Ministerio del Ambiente, que consiste en evaluar el riesgo ambiental en tres entornos: humano, natural y socioeconómico, considerando la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias. Se ha aplicado la prueba *t* Student a través del Software SPSS V.16 para las hipótesis. Los resultados obtenidos para RSihu3 y RPasa1 en el entorno humano, natural y socioeconómico fueron de 82%, 42% y 82% de promedio porcentual, respectivamente, que en promedio resulta ser 68,67% considerado como riesgo significativo, a través de la prueba *t* se obtuvo un nivel de significación de 0.2115, que es mayor al nivel de significación del 5% por lo que se validó la hipótesis nula de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo. Para RPasa2, los resultados obtenidos para el entorno humano, natural y socioeconómico fueron de 82% para cada entorno, no se pudo calcular la prueba *t* debido a que la desviación estándar era igual a 0, por lo que se aplicó el criterio de estadística descriptiva dando un valor de 1 si el promedio porcentual por entorno era 82% y dando un valor de 0 si era 42% o 10,5%. Como el promedio porcentual para RPasa2 fue de 82%, le corresponde un valor 1, siendo un riesgo significativo; por lo que se validó la hipótesis nula de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo. Finalmente, se concluyó que en los tres puntos de monitoreo se presenta un nivel significativo de riesgo ambiental para la calidad del agua de la parte baja del río Sihuas, lo cual permitirá la priorización para la remediación de PAM a cargo del Estado peruano.

Palabras claves: Riesgo ambiental, pasivo ambiental minero, calidad del agua

## ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the level of environmental risk generated by mining environmental liabilities in the waters of the lower part of the Sihuas River. The type of research is applied and non-experimental design, its approach is quantitative and its level is explanatory. The methods used are documentary review, hypothetical deductive and observational. The population is the lower part of the Sihuas River and its tributary, the Pasacancha River, and the three monitoring points (RSihu3, RPasa2 and RPasa1) established by the Pomabamba ALA were used as a sample. The data collection instrument is the methodology of the Environmental Risk Assessment Guide of the Ministry of the Environment, which consists of assessing environmental risk in three environments: human, natural and socioeconomic, considering the probability of occurrence and the severity of the consequences. The Student t-test was applied using SPSS V.16 software for the hypotheses. The results obtained for RSihu3 and RPasa1 in the human, natural and socioeconomic environment were 82%, 42% and 82% percentage average, respectively, which on average turns out to be 68.67% considered as significant risk, through the t-test a significance level of 0.2115 was obtained, which is higher than the 5% significance level so the null hypothesis that mining environmental liabilities generate significant environmental risk was validated. For RPasa2, the results obtained for the human, natural and socioeconomic environment were 82% for each environment, the t-test could not be calculated because the standard deviation was equal to 0, so the descriptive statistics criterion was applied, giving a value of 1 if the average percentage per environment was 82% and giving a value of 0 if it was 42% or 10.5%. As the average percentage for RPasa2 was 82%, it corresponds to a value of 1, being a significant risk; therefore, the null hypothesis that mining environmental liabilities generate significant environmental risk was validated. Finally, it was concluded that in the three monitoring points there is a significant level of environmental risk for the water quality of the lower part of the Sihuas River, which will allow the prioritization for the remediation of AMP by the Peruvian State.

Key words: Environmental risk, mining environmental liabilities, water quality.

## INTRODUCCIÓN

En el territorio peruano se ha venido desarrollando la actividad minera desde hace varios siglos, prueba de ello son las piezas de orfebrería y ornamenta que utilizaban las autoridades de las distintas culturas preincaicas, las cuales eran trabajadas en oro y plata principalmente.

La falta de preocupación por el cierre de los componentes de una mina se debía principalmente a la ausencia de una regulación específica al respecto, hasta el año 2003 no existía normas legales que precisen la exigencia y obligación del cierre de minas, lo cual ocasionó que empresas responsables de proyectos mineros ya ejecutados provoquen la acumulación de los pasivos ambientales mineros a lo largo del territorio peruano y que no asuman los costos para mitigar y remediar las áreas impactadas abandonadas; la parte baja del río Sihuas de la región Ancash no fue la excepción. Es a partir del año 2004, que los pasivos ambientales mineros (PAM) se encuentran regulados a través de la Ley N° 28271 por medio de la cual se promueve la identificación, inventario, evaluación y remediación de los PAM.

Los PAM son considerados un riesgo potencial que causan daño o efectos adversos a la salud de las personas y al medio ambiente.

En la actualidad, existen PAM abandonados en el distrito de Sihuas, que no reciben ningún tipo de adecuación para el control de sus fuentes reales de potencial contaminación a la salud humana y a los cuerpos de agua; no son monitoreados y tampoco se realizan trabajos de remediación ni por parte del estado peruano ni por los titulares de las concesiones existentes.

El presente trabajo de investigación busca evaluar el riesgo ambiental de los PAM de las aguas de la parte baja del río Sihuas, región de Ancash, mediante la aplicación de la Guía de evaluación del riesgo ambiental del Ministerio de Ambiente (MINAM, 2010) herramienta para determinar el nivel de riesgo ambiental a través de indicadores medibles y criterios de evaluación establecidos a partir de los estándares de calidad ambiental para agua.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En Sihuas - región Ancash, existen pasivos ambientales mineros abandonados por los responsables de proyectos mineros o personas que realizaron actividades mineras de manera informal; sin la adopción de las medidas de protección de los componentes ambientales.

Producto de los drenajes de los PAM, se nota erosión del terreno, formando acequias y en algunos casos quebradas, por donde circulan aguas anaranjadas dejando alrededor áreas de terreno humedecidas y cubiertas por espuma. Hasta hace 20 años aproximadamente, los pobladores de Sihuas pescaban truchas en la parte baja del río, actualmente las truchas han desaparecido y la población ha dejado de utilizar el agua del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha para regadío y consumo, por presentar coloración anaranjada en sus aguas.

Para realizar la remediación de los PAM abandonados se requiere de una evaluación previa para conocer su nivel de priorización, en tal sentido es necesario evaluar el riesgo ambiental de los pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas, provincia de Sihuas, departamento de Ancash, por presentar mayor cantidad de PAM, a través de la aplicación de una herramienta basada en indicadores medibles y criterios de evaluación como la Guía de evaluación de riesgos ambientales.

La Dirección de Minería del Ministerio de Energía y Minas (2021) realizó la actualización del inventario inicial de PAM donde se han identificado 74 pasivos ambientales mineros en la Cuenca del Alto Marañón en la provincia de Sihuas, de tipo labor minera, residuo minero e infraestructura. Según MINEM (2014), la Ex Unidad Minera (EUM) Halcón es la que ha generado mayor cantidad de PAM, durante la extracción de molibdeno, cobre, plata, plomo y zinc.

Debido a la presencia de montañas estructurales en roca sedimentaria con laderas de pendiente muy fuerte del terreno (25° a 45°), consideradas como laderas inestables, las aguas discurren desde los PAM (4000 m.s.n.m. aproximadamente), que se encuentran en la parte alta de la población, a través de las acequias y pequeños riachuelos que van alimentando quebradas que terminan en el río Pasacancha (3500 m.s.n.m.) y Sihuas (2700 m.s.n.m. aproximadamente); por lo que existe una alta probabilidad que durante la temporada de lluvias un mayor volumen de las aguas acidas lleguen a dichos ríos. Observándose que en esta problemática no existe hasta la fecha estudios de la evaluación del riesgo ambiental ocasionado por estos pasivos ambientales mineros.

Los problemas ambientales producto de los pasivos ambientales mineros debido a la presencia de 64 de 111 PAM que se encuentran en la parte baja del río Sihuas, en particular en el centro poblado de Pasacancha, distrito de Cashapampa es que el río presenta coloración anaranjada, por lo que esa agua no es apta para consumo humano directo, riego de vegetales o bebida de animales, actualmente la población se abastece de otras fuentes de agua; otro aspecto importante es que la actividad pecuaria es casi inexistente debido a la desaparición de las truchas producto de los 64 PAM, la afectación a la actividad agrícola y ganadera por encontrarse el suelo húmedo con agua acidas y con espuma en las áreas de terreno cercanas a los PAM en mención y lugares por donde discurren hacia la parte baja el río Sihuas; por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación es determinar el nivel de riesgo ambiental generado por PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el nivel del riesgo ambiental generado por pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la frecuencia del flujo de drenaje ácido de mina generados por PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas están dentro de los estándares de calidad ambiental para su uso?
- ¿Cuál es el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas?
- ¿Cuál es el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el nivel de riesgo ambiental generado por los pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la frecuencia del flujo de drenaje ácido de mina generados por PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas.
- Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas.
- Determinar el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas.
- Determinar el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor.

### **1.4. Justificación**

La presente investigación aporta información sobre la afectación de la calidad del río Sihuas debido a la presencia pasivos ambientales mineros, lo cual facilitará que las autoridades distritales, provinciales y regionales en el marco de sus competencias realicen las gestiones correspondientes ante la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas para que inicien acciones de remediación y compensación de aquellos con riesgo significativo.

En cuanto a su justificación social, los resultados de esta investigación permitirán conocer el riesgo al que está expuesta la población que se abastece directamente de las aguas del río Sihuas para consumo humano sin tratamiento previo, llamando la atención para realizar gestiones con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Desde el punto de vista ambiental, los resultados obtenidos en este estudio permitirán, en consecuencia, reducir el impacto ambiental sobre la calidad del agua ocasionado por los pasivos ambientales mineros en la parte baja del río Sihuas beneficiando a la población que se abastece del agua para el riego, actividades agrícolas y pecuarias.

## **1.5. Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1. Teórica**

La teoría para esta investigación se sustenta en los conceptos de evaluación del riesgo ambiental de los pasivos ambientales mineros utilizando el método de la Guía de evaluación de riesgo ambiental y los conceptos de calidad de agua del río Sihuas, analizando en la presente tesis los impactos en el entorno humano, natural y socioeconómico.

### **1.5.2. Temporal**

El estudio está basado en los informes de monitoreo ambiental de la calidad del agua proporcionados por la Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba, región de Ancash de los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

### **1.5.3. Espacial**

El estudio se realizará en la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha tiene como coordenadas: vértice superior izquierda (9054490N, 206712E), vértice superior derecha (9054490N, 214005E), vértice inferior izquierda (9047644N, 206712E) y vértice inferior derecha (9047644N, 214005E); en un área de 3176 Ha.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Internacionales**

Zamora, Lanza & Arranz (2018), en la investigación titulada “Metodología para la identificación y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación”, realizaron una investigación para proponer una metodología para la gestión de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación, para ello se plantearon como objetivo proponer una metodología para la identificación, caracterización y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros (PAM) con fines de priorización para su remediación. La metodología se basó en la aplicación de una ficha de inventario, que permite la identificación del PAM; y la aplicación de una matriz de asignación cualitativa de la probabilidad de ocurrencia del suceso versus la severidad de la consecuencia, para poder evaluar los riesgos del PAM para la salud y seguridad de la población y para el medio ambiente. La metodología fue aplicada como Caso de estudio al PAM del sitio minero de Milluni-La Paz-Bolivia, obteniendo como resultados que para la zona de planta de beneficio o extracción metalúrgica (ZBE), las descargas de aguas posiblemente contaminada al sistema natural de drenaje en época húmeda es alto y para su uso en riego y/o bebederos para animales es medio mientras que la pérdida de terreno para la explotación ganadera y/o forestal es bajo; para la disposición de residuos, las escorrentías de lixiviados posiblemente contaminadas en época húmeda al sistema natural de drenaje y a reservorios comunales para su uso en riego y/o bebederos para animales es severo y la pérdida de terreno para la explotación ganadera y/o forestal es bajo; para el entorno, la alteración de la calidad de aguas superficiales en época húmeda por lixiviados y/o material particulado es severo y la pérdida de cobertura vegetal es bajo.

Cárdenas & Piñero (2019), en la investigación titulada “Diseño de una metodología que permita la identificación y la valorización de pasivos ambientales huérfanos mediante el uso de una plataforma digital”, realizaron una investigación para

proponer el diseño de una metodología para la identificación y valorización de pasivos ambientales que no tienen un responsable para la financiación de su remediación, para ello se plantearon como objetivo realizar una revisión bibliográfica para el desarrollo de una base teórica, requerida para comprender el ámbito ambiental y legal del manejo de pasivos en el país y con el fin de tener una base metodológica sustentable se empleó la consulta de estudios en el sector minero, al tener este un panorama más amplio en el tema. En esta revisión, se identifican parámetros clave que se consideran los pilares de la metodología para desarrollarla en el sector petrolero y diseñar, como tal, el mecanismo de identificación y valorización de pasivos ambientales a través de la medición del riesgo y del valor económico que representan para quien deberá responder por este, además del establecimiento de detalles geológicos y físicos de la zona, así como de características del estado inicial de la misma antes de ser intervenida por la actividad petrolera. Finalmente, la metodología será digitalizada en una plataforma, para que se ejecute de manera eficiente, haciendo que los resultados sean comprensibles, generado que la herramienta funcione de manera práctica para las situaciones en las que sea requerida.

Cuesta (2021) en la investigación titulada “Identificación de una metodología para levantamiento de pasivos ambientales mineros de áridos y pétreos, aplicable al Distrito Metropolitano de Quito”, realizaron una investigación para proponer una metodología aplicable para el levantamiento de pasivos ambientales mineros de áridos y pétreos, para ello se plantearon como objetivo identificar una metodología para el levantamiento de pasivos ambientales mineros de áridos y pétreos, aplicable al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), mediante análisis comparativo de literatura especializada. La metodología se basó en el método multicriterio Analytic Hierarchy Process (AHP), avalado internacionalmente, que permite la ponderación y jerarquización de criterios y alternativas. Para la selección de los criterios considerados importantes por profesionales del área minera y ambiental, y la elección de alternativas en base a su valoración, se emplearon matrices de pares

para cada uno de los criterios seleccionados, con la correspondiente comprobación de consistencia, a través del índice de consistencia, índice de aleatoriedad y razón de consistencia para cada matriz; lo que ha permitido obtener una propuesta de metodología aplicable para el levantamiento de pasivos ambientales mineros de áridos y pétreos para el DMQ, de acuerdo con las alternativas de mayor valoración y su comparación y complementación con el contenido de otras alternativas metodológicas, que permita el levantamiento de información, identificación y evaluación de los pasivos ambientales mineros y el análisis del área de influencia y riesgos que sirvan de apoyo para la elaboración de planes de remediación o restauración con sus respectivos costos.

### **2.1.2. Nacionales**

Aruhuanca (2017) en la investigación titulada “Identificación y valoración de impacto ambiental por riesgos ambientales del sitio minero de Saqui distrito de Sina, San Antonio de Putina, Puno” tuvo como objetivo identificar y valorar los riesgos ambientales producidos por la contaminación de aguas residuales por exposición de Pb y Hg, de la contaminación minera en el sector de Saqui. La metodología utilizada fue la Matriz de Leopold que consiste en analizar mediante un cuadro de doble entrada las características o condiciones del medio susceptibles de alterarse con los procesos asociados al estudio, categorizando el impacto ambiental como irrelevante (valor entre 70 a 100), compatible (valor entre 40 a 70), moderado (valor entre 10 a 40), severo (valor entre -20 a 10) y crítico (valor entre -50 a -20). Los resultados luego de analizar las características físicas y químicas, condiciones biológicas y factores culturales con los procesos de agricultura, ganaderías y pastoreo fue de +31, siendo un valor entre 10 a 40, obteniendo un impacto ambiental final de tipo moderado.

Pérez (2017) en la investigación titulada “Evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río Crucero por plomo y mercurio - distrito de Ananea” tuvo como objetivo determinar los riesgos ambientales producidos por la actividad minera en la zona. La metodología que aplicó fue la de Análisis matricial de causa-efecto (Matriz de Leopold modificada), que consiste en determinar el nivel significancia mediante un cuadro de doble entrada de la categoría física, biológica y socioeconómica con los procesos asociados al estudio, que, mediante la sumatoria de los indicadores de magnitud, área de influencia, duración y mitigabilidad, se obtiene el impacto ambiental por cada parámetro del elemento de medida de la categoría. Luego de realizar la sumatoria de cada significancia obtenida de cada uno de los procesos estudiados, se categoriza el impacto ambiental en bajo (valor entre 20 a 25), moderado (valor entre 26 a 35), alto (valor entre 36 a 50), severo (valor entre 51 a 60) y crítico (61 a 70). Encontró que en aguas superficiales existe un riesgo ambiental alto.

Olivera (2019) en la investigación titulada “Evaluación ambiental del índice de calidad del agua del río Loripongo afectado por los pasivos ambientales de la mina Gavilán de Plata – Laraqueri – Puno”, tuvo como objetivo determinar en qué medida, la evaluación ambiental del índice de la calidad del agua del río Loripongo afectado por los pasivos ambientales, beneficia a las poblaciones de Laraqueri. La investigación se basó en un enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo. Hizo una evaluación del grado de contaminación que contempla la zona de alteración hidrotermal y áreas circundantes que puedan ser afectadas por el drenaje ácido de mina (DAM) y las aguas ácidas provenientes por contaminación natural utilizando la matriz Bettelle Colombus, consiste que a través de un cuadro de doble entrada se calcula la valorización del impacto ambiental en función de cada componente de las dimensiones física, biótica y socioeconómica y cultural, mediante los criterios de naturaleza, momento, duración, periodicidad, acumulación, sinergia, efecto, reversibilidad y recuperabilidad; categorizando el impacto ambiental negativo en compatible (-1), compatible alto (-2), moderado bajo (-3), moderado (-4), moderado

alto (-5), severo bajo (-6), severo (-7), severo alto (-8), critico bajo (-9) y critico (-10) mientras que para el impacto ambiental positivo es favorable (1), favorable alto (2), muy favorable bajo (3), muy favorable (4), muy favorable alto (5), beneficioso bajo (6), beneficioso (7), beneficioso alto (8), muy beneficioso bajo (9) y muy beneficioso (10). Los resultados que obtuvo en la dimensión física fueron: Impacto de afectación de la calidad de las aguas subterránea del componentes hidrogeología fue de -6 siendo severo bajo, el impacto de alteración de la calidad del agua del componente recurso hídrico fue de -5 siendo moderado alto y el impacto del cambio de uso del suelo del componente suelo fue de -5 siendo moderado alto; para la dimensión biótica, el impacto de pérdida de biodiversidad del componente flora fue de -7 siendo severo y el impacto de cambio en la riqueza y abundancia del componente fauna fue de -7 siendo severo y, para ecosistemas dulceacuícolas es -5 siendo moderado alto; para la dimensión socioeconómica y cultural, el componente dimensión cultural fue de -5 siendo moderado alto.

Carhuas & Olarte (2021) en la investigación titulada “Evaluación de riesgos ambientales en la laguna de Paca debido a las descargas de las aguas residuales - Jauja 2021” tuvieron como objetivo evaluar los riesgos ambientales debido a las descargas de las aguas residuales en la laguna Paca. Utilizaron monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua en época de tránsito de estiaje en 6 puntos referenciales de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para la evaluación del riesgo ambiental consideraron la metodología de “Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales” del Ministerio del Ambiente (MINAM), que consiste en obtener el nivel de riesgo ambiental a través del análisis de los límites del entorno y el factor vulnerable para el entorno natural, humano y socioeconómico, categorizándolo en significativo (valor entre 64 a 100%), moderado (valor entre 24 a 60%) y leve (valor entre 1 a 20%). Los resultados indicaron que, existe un nivel de riesgo ambiental moderado (valor obtenido 56,67%) provocado por las aguas residuales vertidas en la laguna.

Torres (2021) en la investigación titulada “Evaluación y análisis de riesgos

ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San pablo - Sapallanga 2020” tuvo como objetivo evaluar el nivel de riesgo ambiental que se genera a partir de las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo. Realizó monitoreos para el análisis de nitratos y fosfatos y otro para coliformes. Para la evaluación del riesgo ambiental consideró la metodología de “Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales” del Ministerio del Ambiente (MINAM). Los resultados indicaron que, existe un nivel de riesgo ambiental significativo provocado por las pozas de estabilización de aguas residuales.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. La actividad minera en el Perú**

Para Chappuis (2019), la minería es una de las actividades más importantes que se realizan en el territorio peruano, por ser una fuente generadora de desarrollo económico; sin embargo, dichas operaciones mineras que en la actualidad se encuentran abandonadas o inactivas, han generado la formación de numerosos pasivos ambientales mineros a consecuencia de la ausencia de labores de remediación ambiental de estos sitios impactados.

### **Evolución de los estudios de los pasivos ambientales mineros en el Perú**

Según lo indicado por Chappuis (2019), durante la década de los noventa fueron estudiados los impactos ambientales ocasionados por los pasivos ambientales mineros sin remediación a través del Proyecto de Desarrollo Sostenible (PRODES) con el objetivo de inventariar y diagnosticar los pasivos ambientales producto de las minas abandonadas en 16 cuencas hidrográficas afectadas a lo largo del territorio peruano. Asimismo, se realizó estrategias de remediación a nivel conceptual y estimaciones de costos a través de estudios de Evaluación Ambiental Territorial (EVAT).

En Grupo de formación e intervención para el desarrollo (2016) con la finalidad de realizar una evaluación y diagnóstico detallado de los Pasivos Ambientales Mineros

(PAM), así como aplicar medidas preventivas sobre el drenaje ácido, uno de los problemas ambientales más importantes que genera la actividad minera, se desarrolló tecnologías de remediación y rehabilitación, a través del proyecto Eliminación de Pasivos Ambientales (EPA) donde se identificaron 611 PAM, de los cuales más del 70% eran concesiones mineras con propietarios. Las cuencas priorizadas y trabajadas fueron las de Cajamarca, Ancash, Junín y Huancavelica.

También Chappuis (2019) menciona que el Congreso de la República del Perú promulgó en el año 2004 la Ley de Cierre de Minas, Ley N° 28090 para salvaguardar la salud de la población, el ecosistema de influencia directa e indirecta y la propiedad, por el riesgo permanente de las labores mineras no cerradas y sin remediación. En el año 2005, se promulgó la Ley 28271, ley que regula los pasivos ambientales mineros, se tipifica la identificación, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por pasivos ambientales mineros.

En el año 2006, se inició el proceso de actualización de los pasivos ambientales mineros tomando como información base los 611 PAM inventariados en el proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales (EVA). Dicha actualización consistió en la verificación de las coordenadas de los PAM ya identificados y la identificación de otros nuevos. Para el levantamiento de la información se preparó el “Manual de Procedimiento para el Trabajo de Campo” y un formato para el levantamiento de información de campo, en este proyecto participó el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a través de la Dirección General de Minería y sus instancias operativas regionales, en coordinación con la Dirección de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) y el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro. Según el Grupo de formación e intervención para el desarrollo (2016) es importante mencionar que en el proceso de actualización de este inventario se aumentó la cantidad de Pasivos ambientales mineros identificados en el Perú de 611 a 850 de los cuales el 25% son calificados en abandono y el resto inactivos.

En los últimos 4 años, tal como se muestra en la tabla 1, los avances en referencia a la actualización de los pasivos ambientales mineros a cargo de la Dirección de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) han sido:

- En el año 2018 a través de la R.M N° 224-2018-MEM/DM, se actualizaron los pasivos ambientales mineros, identificándose 8794.
- En el año 2019, por R.M N° 010-2019-MEM/DM, se publicó la actualización del Inventario de PAM, identificándose 8448 en el territorio nacional.
- En el año 2020, por R.M N° 238-2020-MEM/DM, se publicó la actualización del Inventario de PAM, identificándose 7956 en el territorio nacional.
- En el año 2021, por R.M N° 200-2021-MEM/DM, se publicó la actualización del Inventario de PAM, identificándose 7668 en el territorio nacional.

**Tabla 1**

*Evolución del Inventario de los PAM (2018-2021)*

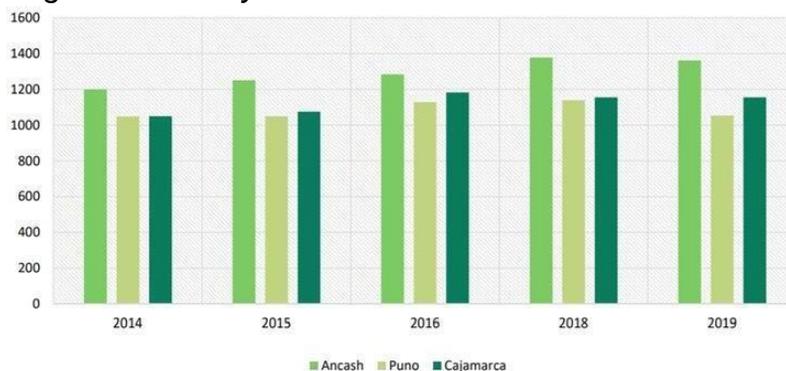
Variable	2018	2019	2020	2021
Pasivos ambientales mineros incluidos en el inventarios de PAM del MINEM	8794	8448	7956	7668

Nota: Datos tomados del Inventario de Pasivos ambientales mineros del Ministerio de Energía y Minas.

Castillo, et al. (2021), menciona que la región Ancash se ubica con el mayor porcentaje de pasivos ambientales mineros (15,5%) en comparación con otras regiones como Cajamarca (14,5%) y Puno (11,6%), tal como se muestra en la figura 1. Además, la región Ancash se ubica entre las 3 primeras regiones con mayor cantidad de pasivos ambientales mineros categorizados con riesgo alto y muy alto, tal como se muestra en la figura 2; de acuerdo al último resultado de la auditoría de desempeño sobre gobernanzas para el manejo integral de los PAM.

## Figura 1

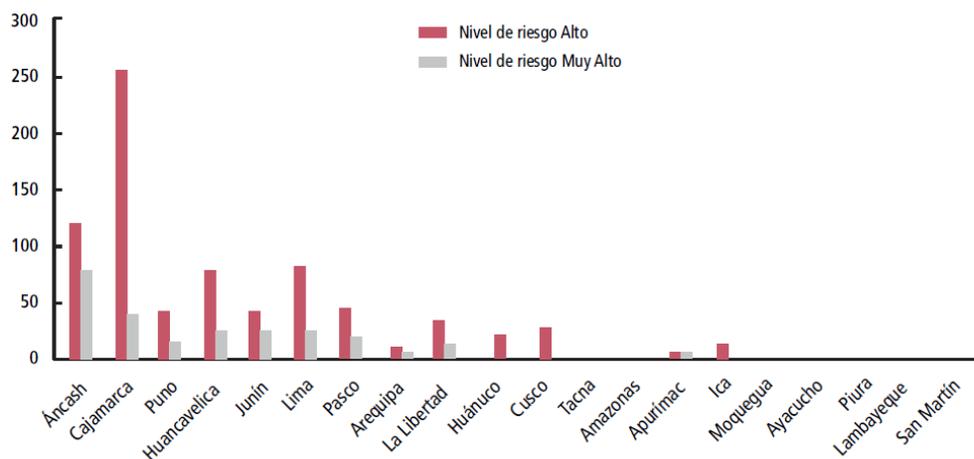
*Inventario regional con mayor cantidad de PAM 2014-2019*



Nota: La figura muestra una evolución de las cantidades de pasivos ambientales mineros por región entre los años 2014 al 2019. Fuente: Castillo, et al. (2021).

## Figura 2

*Número de PAM por regiones y niveles de riesgo alto y muy alto*



Nota: La figura muestra que la región Ancash es la segunda región con mayor presencia de pasivos ambientales mineros con nivel de riesgo alto y muy alto. Fuente: Castillo, et al. (2021).

## Ciclo de la actividad minera

El ciclo de la actividad minera incluye diferentes tipos de actividades de extracción de minerales como: minería subterránea, minería de superficie, pozos de perforación, minería submarina o dragado y cada técnica dependerá de la

profundidad del recurso minero y las características del suelo.

Específicamente, la etapa de cierre y abandono de una mina consiste en un conjunto de labores que deben ser implementadas durante todo el ciclo útil de una operación extractiva de minerales, labores que permiten cumplir con los parámetros establecidos en el plan de manejo ambiental o en la licencia ambiental, para así alcanzar los objetivos finales de sustentabilidad.

Una vez se cumple con los parámetros establecidos para ello, se puede afirmar que se realizó un cierre legal y que los impactos negativos fueron remediados. En caso contrario, se habla de abandono de la mina, en donde el titular minero o responsable de la cantera no cumple con las actividades de mitigación que buscan resarcir los efectos ambientales producto de la extracción de minerales y, por lo tanto, allí se conforma un pasivo ambiental. Estos pasivos deben ser valorados para identificar sus impactos ambientales negativos y los riesgos asociados.

Las etapas del ciclo minero fueron descritas por la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía publica el informe N°41 y son las siguientes:

- a) **Cateo y prospección:** Para la identificación del yacimiento minero, se realiza el cateo en busca de indicios de presencia de minerales con la búsqueda visual de anomalías geológicas en la superficie. En la prospección, la observación se realiza con el apoyo de herramientas tecnológicas para realizar un trabajo más eficiente y rápido, como las fotos aéreas, datos satelitales, técnicas geofísicas (para observar propiedades físicas de las rocas analizadas) o geoquímicas (para obtener resultados químicos de los materiales observados). En base a los resultados del cateo y la prospección, se elige el área para un estudio más detallado, que permita comprobar la existencia de minerales.
- b) **Exploración:** En esta etapa se realizan estudios para determinar la magnitud (reserva) y calidad (ley) del mineral que se encuentran en el yacimiento, incluyendo perforaciones, muestreos, análisis del contenido y tipo de mineral,

entre otros; buscando definir si el mineral es recuperable y a que costo. Así, la exploración y los estudios más detallados ayudan a determinar si es viable económicamente la explotación de un yacimiento.

- c) **Desarrollo y construcción:** En esta etapa se culmina la planificación y se ejecutan los trabajos de infraestructura necesarios para realizar la explotación. Es claro que los trabajos dependerán del método de extracción, así como de la infraestructura para el transporte del mineral. El estudio de factibilidad permitirá seleccionar el método de explotación (subterráneo o tajo abierto) de acuerdo a las características de yacimiento y su viabilidad.
- d) **Explotación:** En la etapa de explotación minera es mucho más específica y particular de la ubicación de donde se obtiene el mineral. Sin embargo, el mineral extraído de por sí no es comerciable, debido a su contenido de impurezas ya que se encuentra asociado a otra roca sin valor. Por ese motivo está sujeto a un tratamiento para generar valor; estos tratamientos dependen del tipo de mineral que será procesado. Finalmente, la refinación y fundición permite purificar los metales obtenidos, y es en este momento que recién sirven para su transformación o uso industrial.
- e) **Cierre:** Cuando la mina deja de operar, porque ya no tiene reservas de mineral que resulten económicamente viables de ser trabajadas, se procede a su cierre. El cierre se inicia desde el momento que se inicia la operación minera. El cierre de la mina es programado desde antes de su inicio y tiene como objetivo rehabilitar las áreas donde se desarrolló la actividad minera. Para lograrlo, se desmantelan los equipos e instalaciones que se usaron en el ciclo de vida de la mina y se recuperan las zonas afectadas. El post cierre, es una etapa de monitoreo y mantenimiento de los alcances del cierre, con la finalidad de verificar que el cierre de la mina haya sido efectivo.

## **Definición de pasivo ambiental minero**

Los PAM fueron regulados en el Perú a partir del año 2004 a través de la Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, Ley N° 28271, norma posteriormente modificada por la Ley N° 28526 y reglamentada mediante decreto supremo N° 059-2005-EM.

De acuerdo al artículo 2 de la Ley N° 28271 (2004), son considerados PAM, “aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”.

Es decir, para la UNESCO (2009), los pasivos ambientales mineros comprenden las instalaciones abandonadas y los depósitos de residuos producidos por las operaciones mineras, que se hallan en estado de abandono o inactivas, y que generan una problemática en el entorno físico y social.

Como indica Sánchez, et al (2014), los PAM generan daños que dejan secuelas en los factores ambientales, incluidos los seres humanos, cuyo pago del perjuicio ocasionado no ha sido asumido por quien lo ha generado y en muchas ocasiones los costos recaen en la sociedad. Entre los PAM más comunes se encuentran los depósitos de relaves, botaderos de desmonte, depósitos de escorias, pilas de lixiviación, labores subterráneas.

Barreño (2018) señala que algunos de los efectos asociados a los diferentes tipos de pasivos establecidos en el diagnóstico del manejo de pasivos ambientales realizado en Perú son los plasmados en la Tabla 2.

**Tabla 2***Efectos de los pasivos ambientales mineros*

<b>Pasivo Ambiental</b>	<b>Inestabilidad Física</b>	<b>Drenaje Acido</b>	<b>Erosión</b>	<b>Emisión de polvo</b>	<b>Descarga de sedimentos</b>	<b>Riesgo de Accidentes</b>
Depósitos de relaves	X	X	X	X	X	
Botaderos de desmonte		X			X	
Pilas de Lixiviación		X				
Labores abandonadas	X	X				X
Área deforestada			X	X	X	

Nota: La tabla muestra los efectos de los pasivos ambientales mineros. Fuente: Bareño (2018).

### **Clasificación de pasivos ambientales mineros**

Según el MINEM (2005), la clasificación de los pasivos ambientales se realiza según los tipos de contaminante, cantidades y características físicas, químicas, biológicas y toxicológicas presentes en el pasivo ambiental minero de acuerdo al mayor o menor riesgo que pudieran representar.

### **Tipos de pasivo ambiental minero**

El MEM (2009), indica que para la identificación de los tipos de pasivos ambientales mineros se aprobó 6 fichas informativas propuestas por el Proyecto PERCAN, siendo las siguientes: Labores mineras (tajo, pique, chimenea, bocamina, tajeo comunicado, media barreta, trinchera y rampa), residuos mineros (desmonte de mina, botaderos de lixiviación, relaves, residuos de carbón, material de desbroce, residuos, 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 y otras instalaciones relacionadas con el proyecto minero) y sustancias químicas (almacenadas o derrames).

### **Pasivos ambientales mineros por minería artesanal o informal**

Según la UNESCO (2009), los pasivos se generan como consecuencia de la actividad minera artesanal, dada la informalidad de estas actividades los problemas asociados son mayores.

La UNESCO (2009), menciona también que la modificación de las características hidrológicas e hidrogeológicas del terreno son muy importantes, ya que durante el periodo de operación no se controló la subsidencia y el minado del yacimiento se realizó de modo caótico, generando una intrincada red de cavidades y huecos, interconectada con la superficie a través de las fracturaciones generadas por el colapso de las galerías. Este hecho facilita la mezcla de las aguas superficiales y subterráneas en un menor tiempo, y genera una contaminación más rápida de los acuíferos. El crecimiento urbano aumenta el peligro de los pasivos, al acercarse las zonas habitadas a estas zonas abandonadas.

La minería informal genera un número significativo de pasivos ambientales mineros con la consecuente afectación al ambiente y a la salud de las personas. Los informales no realizan labores de cierre de operación ni menos aún se preocupan de remediar las áreas que afectan durante el desarrollo de su actividad.

Sánchez, y otros, (2014), indican que actualmente constituye una preocupación importante para la autoridad y no se vislumbra ninguna solución efectiva para erradicarla. En ese sentido, se seguirá desarrollando minería informal y consecuentemente, seguirá generando pasivos ambientales.

## Impactos generados por pasivos ambientales mineros (PAM)

Un PAM constituye un potencial riesgo de contaminación ambiental, y también, un riesgo para la salud humana y animal, y la pérdida de bienes y servicios ambientales.

También Sánchez, y otros, (2014), mencionan que entre los principales impactos generados por los PAM (Tabla 3) están los efectos negativos sobre la salud y calidad de vida de personas, contaminación de cuerpos de agua a causa de filtraciones y descargas de drenaje ácido, contaminación del suelo, contaminación del aire debido al polvo generado, inestabilidad física que implica el riesgo de derrumbes, deslizamientos y efectos negativos sobre otras actividades económicas, como la agricultura y ganadería.

**Tabla 3**

*Problemas clave de los pasivos mineros*

<b>Intrínsecos</b>	<b>Problemas ambientales</b>
	Contaminación de las aguas Calidad del aire Contaminación del suelo
<b>Problemática política</b>	<b>Salud y seguridad publicas</b>
	Caídas en galerías abandonadas Ahogos Gases venenosos Subsidencia
<b>Problemática política</b>	<b>Rehabilitación y reutilización de los terrenos</b>
	Responsabilidades (morales y fiscales), normas técnicas Problemas de índole nacional Política y administración gubernamental

Nota: En la presente tabla se muestra los problemas intrínsecos y políticos de los pasivos ambientales mineros. Fuente: UNESCO (2009).

## 2.2.2. Recurso agua

### Clasificación de los cuerpos de agua

- **Aguas superficiales:** Espinoza (2020), menciona que estos cuerpos de agua constituyen una fuente de riqueza, ya que proporcionan el recurso indispensable para el sostenimiento y futuro desarrollo de la población humana. En la actualidad, gran parte de los cuerpos hídricos experimentan deterioro en la calidad de sus aguas, debido a las distintas actividades antropogénicas a las que están expuestos, principalmente a las descargas de aguas residuales industriales, domésticas, escorrentías y actividades agrícolas.
- **Aguas subterráneas:** La Red Mullqui (2015), señala que en los acuíferos el régimen de flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección. Las velocidades promedio pueden variar entre 10-10 y 10-3 m/s y son gobernadas por la porosidad y la permeabilidad del estrato. Las aguas subterráneas pueden verse afectadas por los impactos que emanan de los pasivos. Existen diferentes vías de influencia el cual es más obvio ocurre en las minas que llegan y sobrepasan el nivel freático donde se abre un conducto directo con las aguas subterráneas. Pero también la infiltración natural de las aguas con las aguas de proceso de mina representa una fuente común de contaminación de las aguas subterráneas.

### Calidad del agua

Sierra (2011), señala que los cuerpos de agua se pueden caracterizar analizando básicamente tres componentes: su hidrología, sus características fisicoquímicas y la parte biológica. Para un análisis y evaluación completa de calidad del agua, es necesario monitorear estos tres componentes.

También Sierra (2011), menciona que al realizar la medición de las variables físicas, químicas o biológicas se establece la calidad del agua, al mismo tiempo, define a la calidad del agua como “Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas”, y “la composición y el estado de la biota acuática.

Los resultados obtenidos producto de las mediciones que se realicen ya sea en campo o laboratorio se interpretan tomando como referencia el D.S. N° 004-2017-MINAM-Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, reglamento peruano en donde se establecen los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos y químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor.

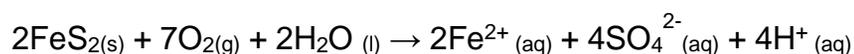
### **Drenaje ácido de mina (DAM)**

Según Sierra (2011), una de las fuentes principales de contaminación de agua producida por las actividades mineras es la generación de aguas ácidas que resultan de la reacción de minerales sulfuros (especialmente pirita y calcopirita) con el agua y el oxígeno en el aire.

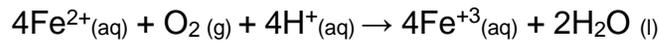
El Drenaje Ácido de Mina (DAM) se refiere a los flujos de efluentes ácidos provenientes de operaciones mineras o de minas abandonadas, producidas por las reacciones químicas entre el agua subterránea o superficial, algunos elementos minerales de las rocas (sulfuros) y el oxígeno del aire. Los minerales sulfurados presentes en las rocas (especialmente la pirita) son oxidados por el oxígeno disuelto en el agua, reacción que se acelera por la presencia de una bacteria conocida como *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Asimismo, Sierra (2011) indica que, existen varios procesos químicos que están a la generación de DAM, pero es la oxidación de la pirita y la calcopirita la que produce la mayor contribución a este drenaje.

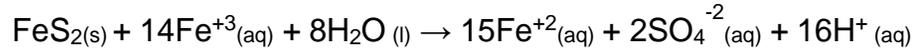
Descripción Química de la Formación de Drenaje Ácido. La ecuación general que describe el proceso es:



La oxidación de los sulfuros a sulfatos hace soluble el hierro ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ), el cual se oxida a hierro férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ):



La presencia de microorganismos cataliza la reacción. El hierro férrico producido también puede oxidar más pirita:



El efecto de las reacciones es liberar  $\text{H}^+$ , lo que produce el descenso del pH y mantiene la solubilidad del ion férrico. La generación de drenaje ácido, además de disminuir el valor de pH, aumenta la solubilidad y el transporte de los metales pesados.

Generalmente, las descargas de DAM se producen en minas donde las asociaciones minerales están formadas por sulfuros, especialmente pirita, en su mineralización. En muchos casos el metal predominante es el cobre, el níquel o el zinc. El mineral de cobre más común es la Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), y es por la presencia de este mineral que las minas de cobre son potencialmente grandes generadoras de DAM. Las minas subterráneas, los desmontes (escombreras) y las balsas de lodos son las principales fuentes de generación de DAM en las minas.

### **Metales traza**

Espinoza (2020), señala que otra de las fuentes principales de contaminación de agua producida por las actividades mineras es la contaminación por metales traza. Se refiere a las concentraciones en pequeñas cantidades de metales pesados como: Arsénico, Aluminio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Selenio, Vanadio y Zinc.

Laino-Guanes, et al. (2015), señala que a pesar de que algunos metales son esenciales para los seres vivos, en altos niveles de exposición provocan efectos dañinos a la salud humana, así como a la flora y fauna. Debido a su alto potencial tóxico, el As, Cd, Cr, Hg y el Pb son tomados en cuenta de forma particular y están considerados como contaminantes altamente peligrosos; sin embargo, otros

metales como el Cu y el Zn también pueden resultar tóxicos si exceden ciertos niveles de concentración.

Según London-Franco, y otros, (2016), los metales pesados, en el ambiente se encuentran de manera natural en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados.

### **Presencia de metales traza en ríos.**

Espinoza (2020), señala que actualmente la gran problemática entorno a los cuerpos de aguas naturales se relaciona con metales pesados, esto, debido a la expansión de las áreas urbanas y la industrialización. La alta concentración de estos y otros contaminantes, se asocia a los sedimentos, puesto que son uno de los principales reservorios de metales pesados y actúan como fuentes secundarias de contaminación de los ríos.

También Espinoza (2020), menciona que entre los metales pesados de mayor importancia toxicológica y eco toxicológica en ambientes acuáticos se encuentran: el Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Zinc (Zn).

### **Usos de agua en operaciones mineras**

Sierra (2011), menciona que el agua tiene una gran importancia debido a la diversidad de usos no sólo en la extracción de los minerales sino en especial durante el procesado del mineral en la planta concentradora. En la siguiente tabla 4 se resumen los usos que tiene el agua en la minería.

**Tabla 4***Usos del agua en la minería*

<b>EXPLOTACIÓN DE LA MINA</b>	<b>PROCESADO DEL MINERAL</b>
Supresión del polvo – transporte del mineral y perforación	Flotación
Lavado de equipos y vehículos	Transporte y Trituración
Personal – bebida / higiene	Lavado de equipos Transporte de lodos

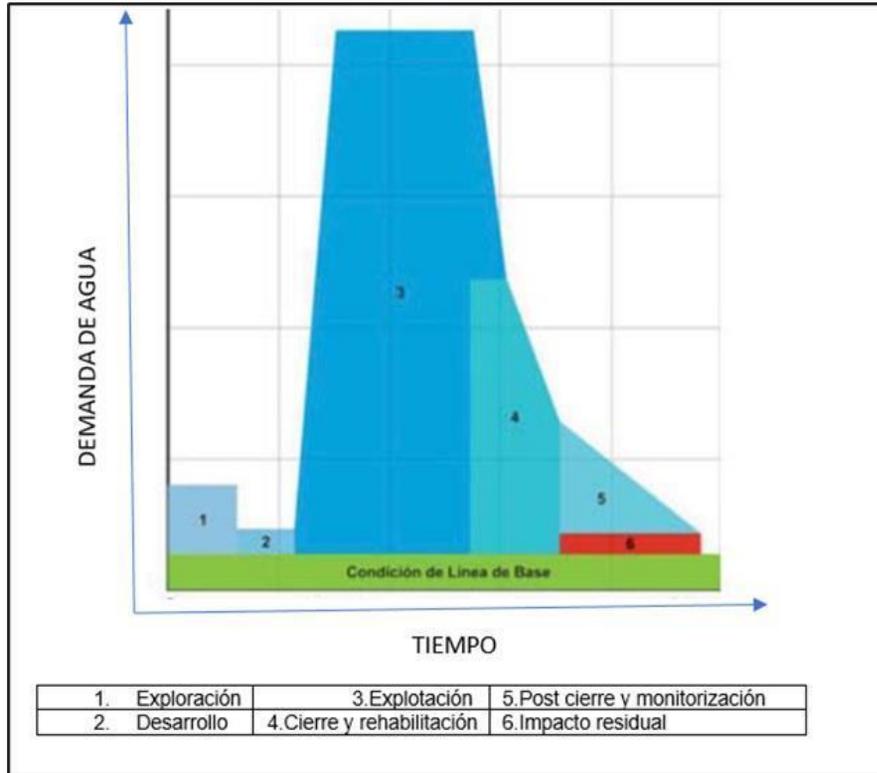
Nota: En la siguiente tabla se muestra los distintos usos de agua en la explotación minera y en el procesado del mineral. Fuente: Sierra (2011).

### **Evolución de la demanda de Agua a lo largo del Ciclo de Vida de un proyecto Minero**

También Sierra (2011), señala que la demanda de agua varía enormemente durante el ciclo de vida de un proyecto minero (ver figura 3). Durante la etapa de exploración la demanda es mínima, suficiente para las perforaciones para recuperar testigos de roca para el análisis mineralógico y agua doméstica para el personal de investigación. La demanda aumenta en la fase de construcción, llegando a su máximo durante la fase de explotación. Durante las fases de clausura y post- cierre, la demanda va disminuyendo y se acerca a las condiciones de línea base. Sin embargo, hay que destacar que normalmente queda una demanda de agua remanente a largo plazo, debido a procesos de evaporación en las estructuras creadas por la explotación (p.ej. lagos de tajo, galerías de drenaje, humedales de tratamiento de agua, etc.).

**Figura 3**

*Demanda de agua durante el ciclo de vida de un proyecto minero*



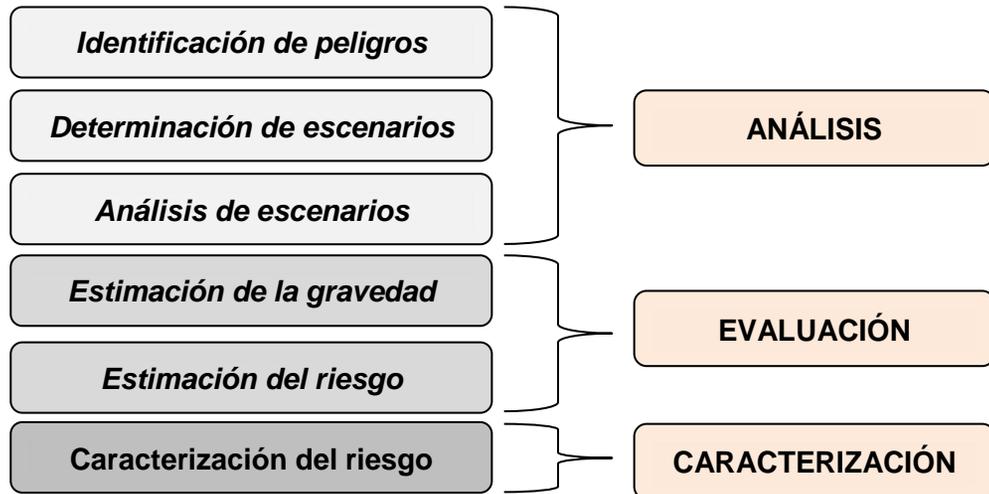
Nota: La figura muestra la demanda de agua durante el ciclo de vida de un proyecto minero en las etapas de exploración, desarrollo, explotación, cierre y rehabilitación, post cierre y monitorización e impacto residual. Fuente: Sierra (2011).

### **2.2.3. Evaluación de Riesgos Ambientales**

En el Perú se cuenta con la Guía de evaluación de riesgos ambientales, que cuenta con 3 fases: análisis, evaluación y caracterización del riesgo ambiental, tal como se muestra en la figura 4.

**Figura 4**

*Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales*



Nota: La presente figura muestra las etapas de evaluación del riesgo ambiental siendo las fases de análisis, evaluación y caracterización. Fuente: MINAM (2010).

- **Identificación de peligros ambientales:** Consiste en la contrastación observacional en el lugar de estudio mediante una visita de campo con la revisión de la documentación del inventario de pasivos ambientales mineros de aquellos PAM que generen drenaje ácido de mina a la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha afectando el entorno humano, natural y socioeconómico.
- **Determinación de escenarios:** Según el MINAM (2010), “el objetivo de esta fase de la metodología es recopilar información para determinar los elementos que pueden constituir un peligro ambiental y definir los escenarios”.
- **Análisis de escenarios:** Posterior a la identificación de los peligros ambientales, que para la presente investigación son los pasivos ambientales mineros, se debe formular diversos escenarios con la finalidad de determinar la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias, asociados a la contaminación del agua superficial.

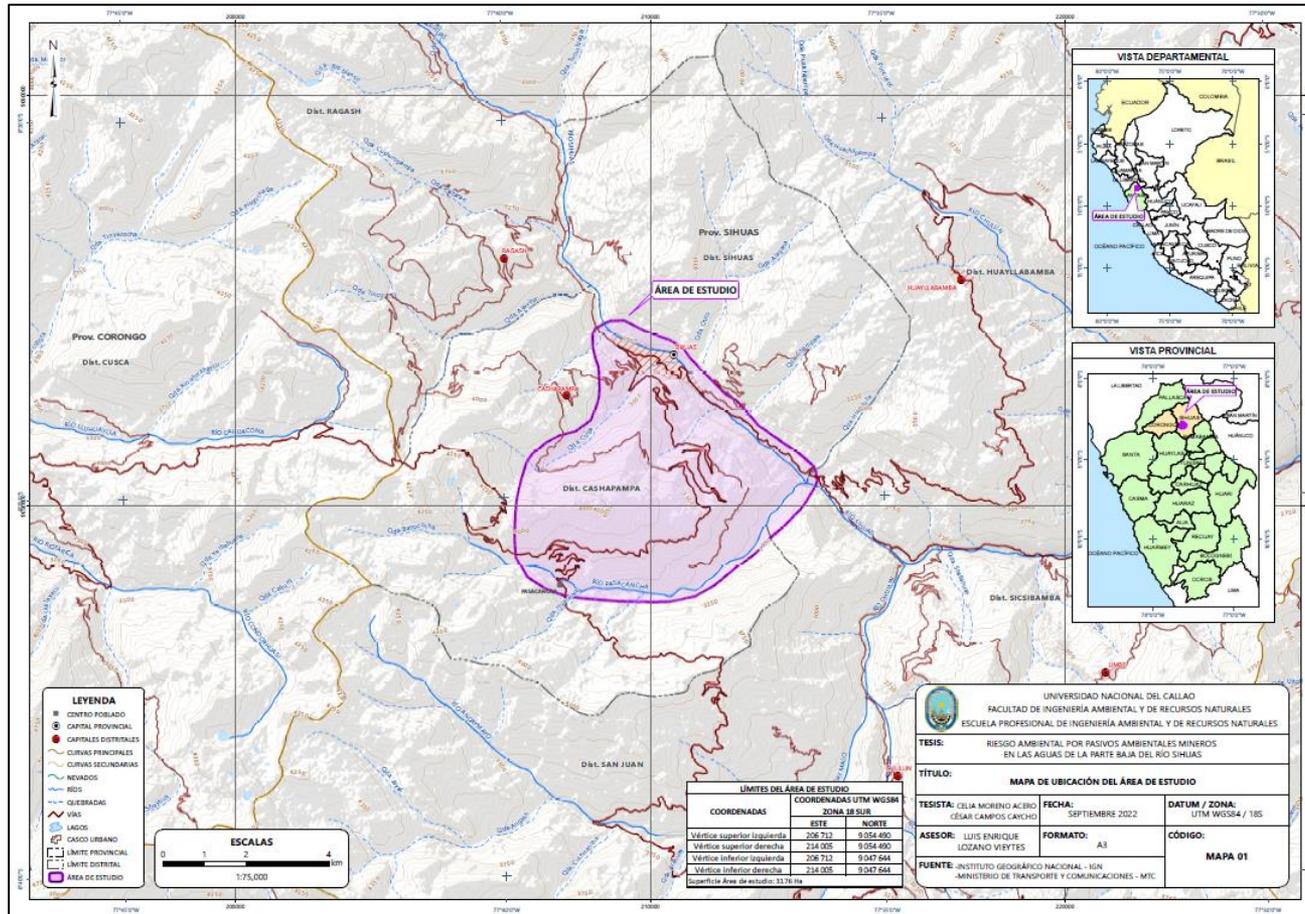
- **Estimación de la gravedad:** Es el cálculo de la gravedad de las consecuencias obtenido de la sumatoria de los límites del entorno y la vulnerabilidad por cada entorno natural, humano y socioeconómico. Los límites del entorno se obtienen de la sumatoria de la cantidad, extensión y el doble de la peligrosidad, mientras que la vulnerabilidad es según el entorno evaluado siendo: calidad del medio para el entorno natural, población afectada para el entorno humano y, patrimonio y capital productivo para el entorno socioeconómico.
- **Estimación del riesgo:** Se obtiene del producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias para cada entorno: natural, humano y socioeconómico.
- **Caracterización del riesgo:** Consiste en evaluar el riesgo ambiental en función al promedio de cada uno de los entornos, pudiendo ser el resultado final de riesgo significativo, moderado o leve.

#### **2.2.4. Río Sihuas y su afluente el río Pasacancha**

La parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha tiene como coordenadas: vértice superior izquierda (9054490N, 206712E), vértice superior derecha (9054490N, 214005E), vértice inferior izquierda (9047644N, 206712E) y vértice inferior derecha (9047644N, 214005E); en un área de 3176 Ha. Ver figura 5.

**Figura 5**

*Mapa de ubicación del área de estudio*



Nota: La presente figura muestra el mapa de ubicación del área de estudio en la parte baja del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Instituto Geográfico Nacional IGN y del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

HAPSA (2012), señala que el distrito de Sihuas tiene 1456 habitantes y el distrito de Cashapampa tiene 812 habitantes (INEI, 2017). La superficie total es 14583,51 has de las cuales 1064,58 es agrícola; 1827,15 has es pecuario y el resto 11691,75 has es agropecuario

El INEI (2017), menciona en referencia al servicio de abastecimiento de agua, que en el distrito de Sihuas hay 1281 de los encuestados que respondieron que cuentan con red pública dentro de la vivienda, 75 que se abastece fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, 36 por pozo y 59 respondieron que se abastecen de agua proveniente de ríos, manantiales o acequias. Para el distrito de Cashapampa, 576 indicaron que se abastecen de la red pública dentro de la vivienda, 110 que se abastece fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, 69 por pozo y 56 que se abastecen de agua proveniente de ríos, manantiales o acequias.

También HAPSA (2012), señala que respecto a la calidad del agua que consumen los pobladores que acceden al recurso a partir de río, acequias o manantiales, el 75% manifestó que el agua que obtienen es turbia y el 25% dice obtener un agua limpia. No obstante, en ambas localidades se cuenta con el servicio de agua a través de redes públicas, en ninguna de las localidades se consume agua clorada, por lo que es un pedido recogido el mejoramiento del acceso al agua segura.

El INEI (2017), señala respecto a la disposición de las aguas utilizadas en las viviendas para los diversos fines (aseo personal, cocina, lavado de ropa y servicio), en el distrito de Sihuas, 1002 personas cuentan con red pública de desagüe dentro de la vivienda, 995 cuentan con red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, 5 en pozo séptico, 7 en letrina, 162 en pozo ciego o negro, 97 en el río y 182 al campo abierto; mientras que en el distrito de Cashapampa, 100 personas cuentan con red pública de desagüe dentro de la vivienda, 112 cuentan con red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, 143 en pozo séptico, 33 en letrina, 275 en pozo ciego o negro, 2 en el río y 141 al campo abierto.

HAPSA (2012), indica que, respecto a la actividad agrícola, el 94,2% es realizada como actividad principal, mientras que el 88,5% considera que es la más importante. Los principales productos cultivados en el área son los cereales como el maíz, trigo, cebada y la arveja, seguidos de la papa.

– **Caracterización del río Sihuas y Pasacancha**

**a) Fisiografía:**

Se presentan las siguientes formas de relieve en los ríos Sihuas y Pasacancha: Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie disectada, Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada, Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada, Montaña - Vertiente montañosa moderadamente empinada y Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada, tal como se muestra en la tabla 5 y representada gráficamente en la figura 6.

**Tabla 5**

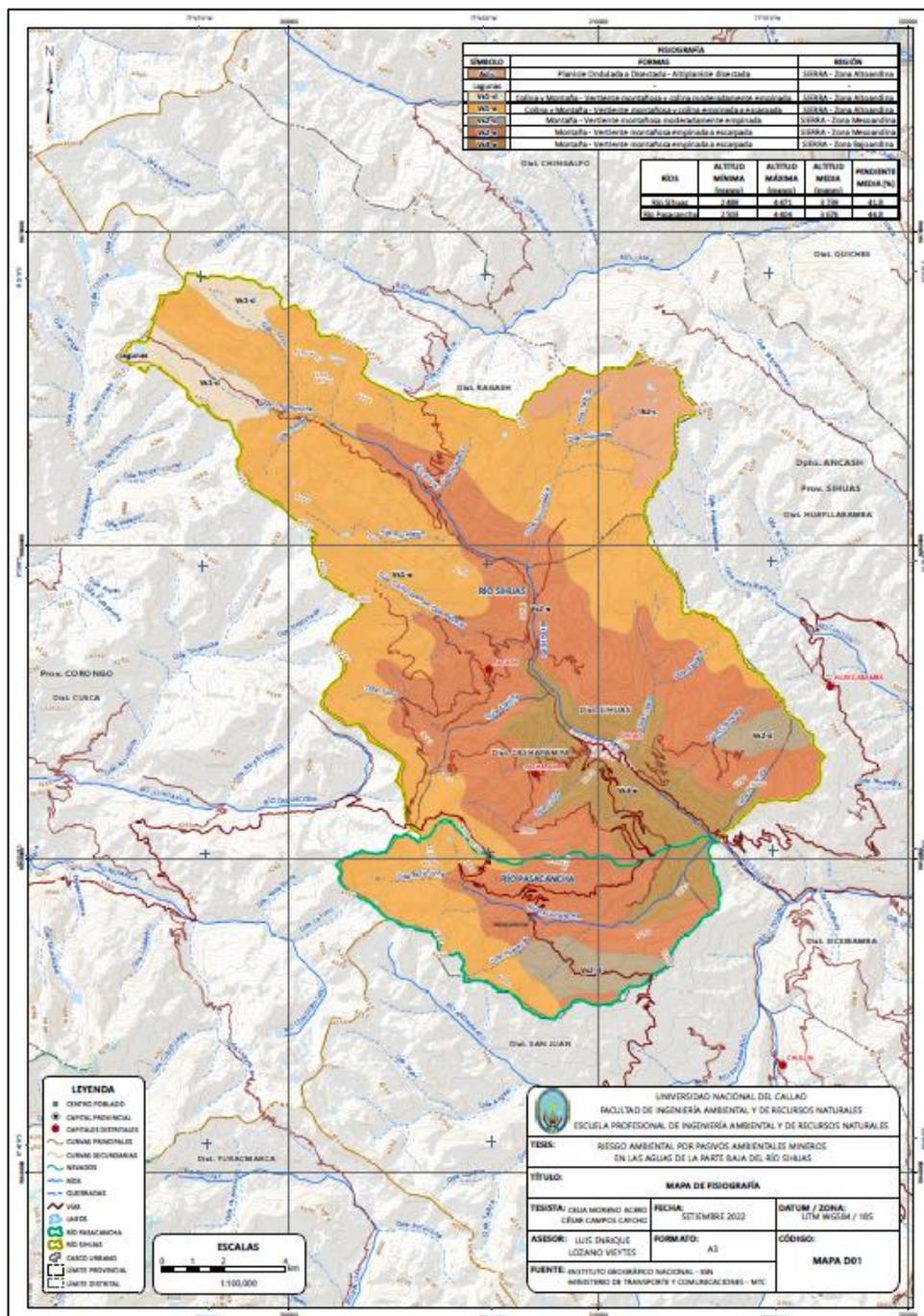
*Formas de relieve el río Sihuas y Pasacancha*

FORMAS DEL RELIEVE		REGIÓN
Ad-c	Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie disectada	SIERRA - Zona Altoandina
Vs1-d	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada	SIERRA - Zona Altoandina
Vs1-e	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada	SIERRA - Zona Altoandina
Vs2-d	Montaña - Vertiente montañosa moderadamente empinada	SIERRA - Zona Mesoandina
Vs2-e	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	SIERRA - Zona Mesoandina
Vs3-e	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	SIERRA - Zona Bajoandina

Nota: La presente tabla muestra las formas de relieve presentes en los ríos Sihuas y Pasacancha. Fuente: ONERN (1976).

**Figura 6**

*Mapa de fisiografía del río Sihuas y Pasacancha*



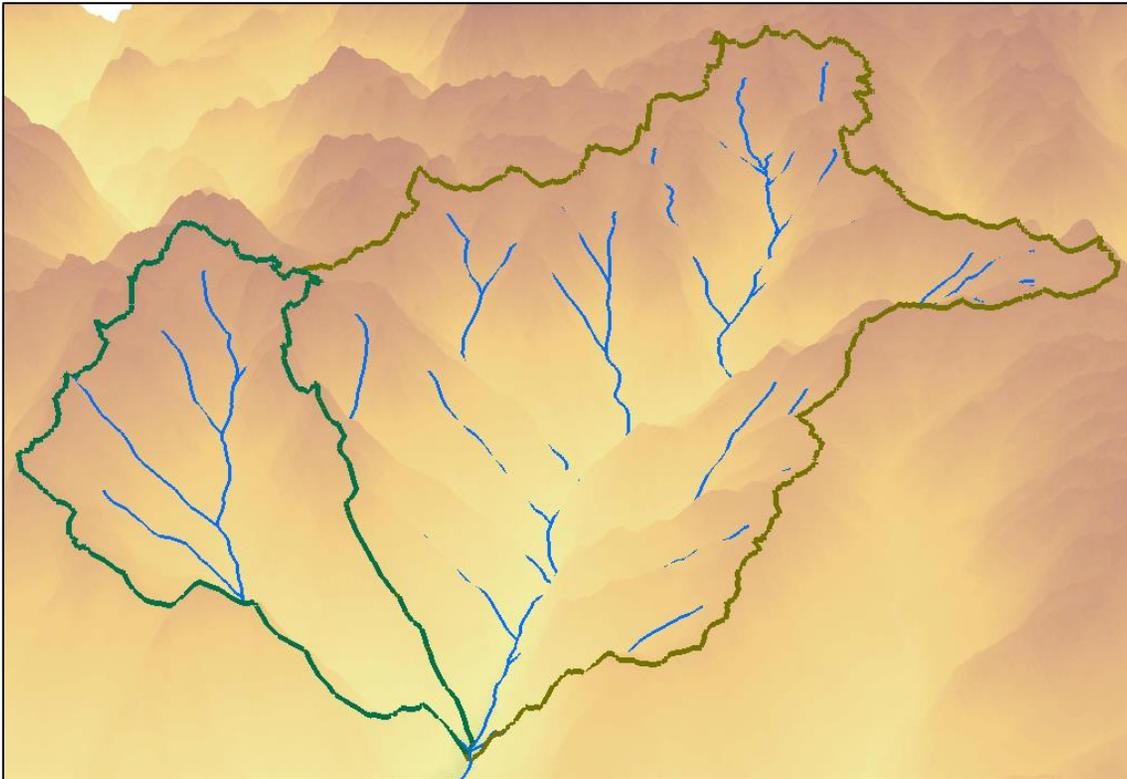
Nota: La presente figura muestra la fisiografía del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa fisiográfico del Perú. Fuente: ONERN (1976).

## b) Topografía:

En lo que respecta a topografía en el río Sihuas la altitud mínima es de 2489 msnm, la máxima de 4471 msnm, la media de 3739 msnm y la pendiente media de 41.8%; y para el río Pasacancha la altitud mínima es de 2503 msnm, la máxima de 4404 msnm y la media de 3676 msnm y la pendiente media de 44.8%. Se presenta una vista tridimensional en los ríos Sihuas y Pasacancha, en la figura 7.

### Figura 7

*Vista tridimensional en los ríos Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra la vista tridimensional del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos de la información del ráster Alos Palsar. Fuente: JAXA/METI (2015).

### c) Geomorfología:

Las siguientes categorías son las que se encuentran en los ríos Sihuas y Pasacancha, se muestran en la tabla 6 y figura 8:

**Tabla 6**

*Geomorfología del río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Ab	Abanico de piedemonte
PI-i	Llanura o planicie inundable
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
VII-gl/l	Valle glaciar con laguna

Nota: La presente tabla muestra la geomorfología presente en los ríos Sihuas y Pasacancha. Fuente: Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: INGEMMET (2022).

### d) Suelos:

Se tiene la siguiente clasificación de suelos, tal como se muestra en la tabla 7 y figura 9:

**Tabla 7**

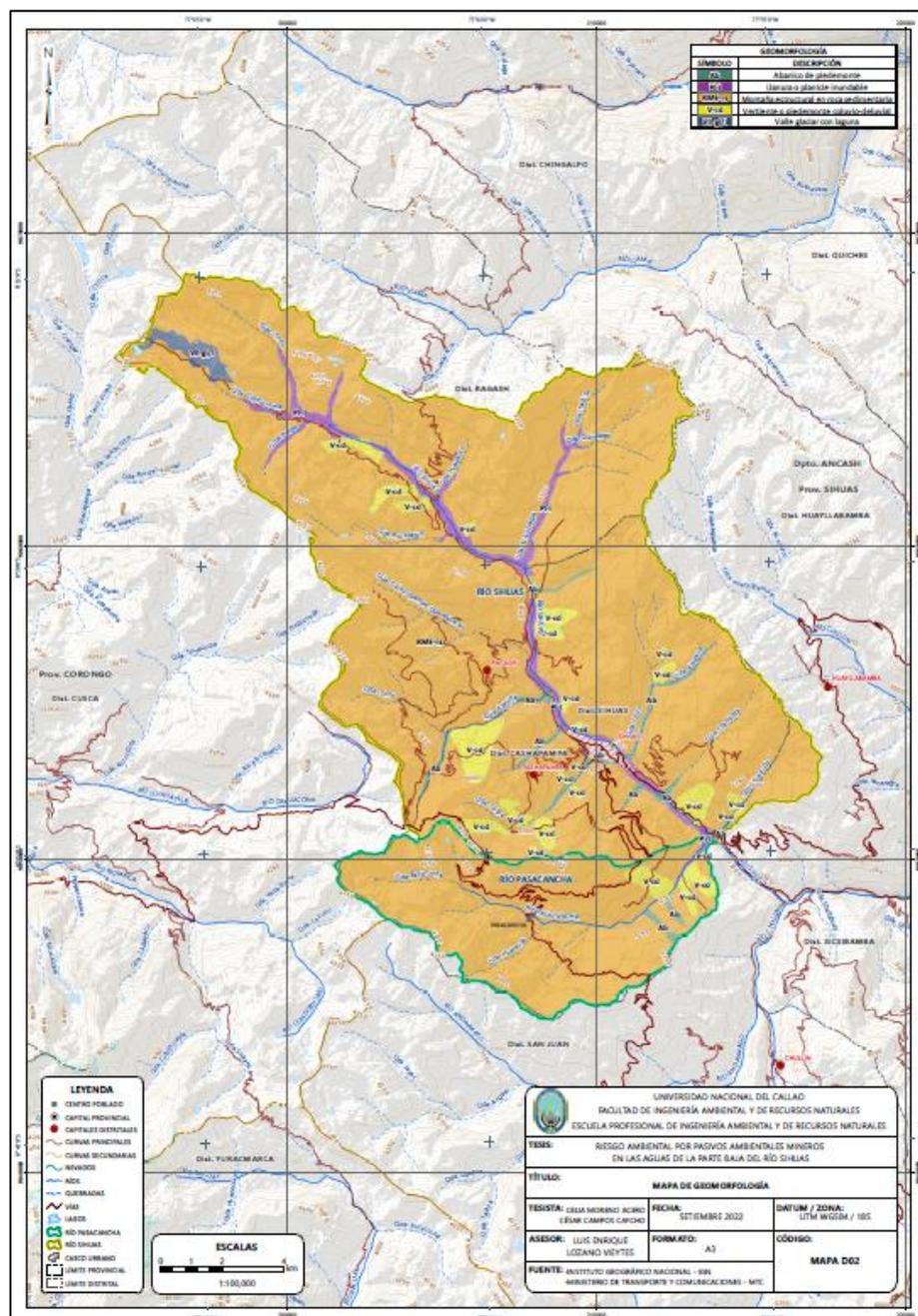
*Clasificación de suelos en el río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	PAISAJE
RGe-CMe	Regosol éutrico - Cambisol éutrico	Lomadas, colinas y montañas
RGd-R	Regosol dístrico - Afloramiento lítico	Montañas de la cadena occidental de los andes

Nota: La presente tabla muestra la clasificación de suelos en los ríos Sihuas y Pasacancha. Fuente: Los datos han sido obtenidos del mapa de suelos del Perú. Fuente: MINAGRI (2009).

**Figura 8**

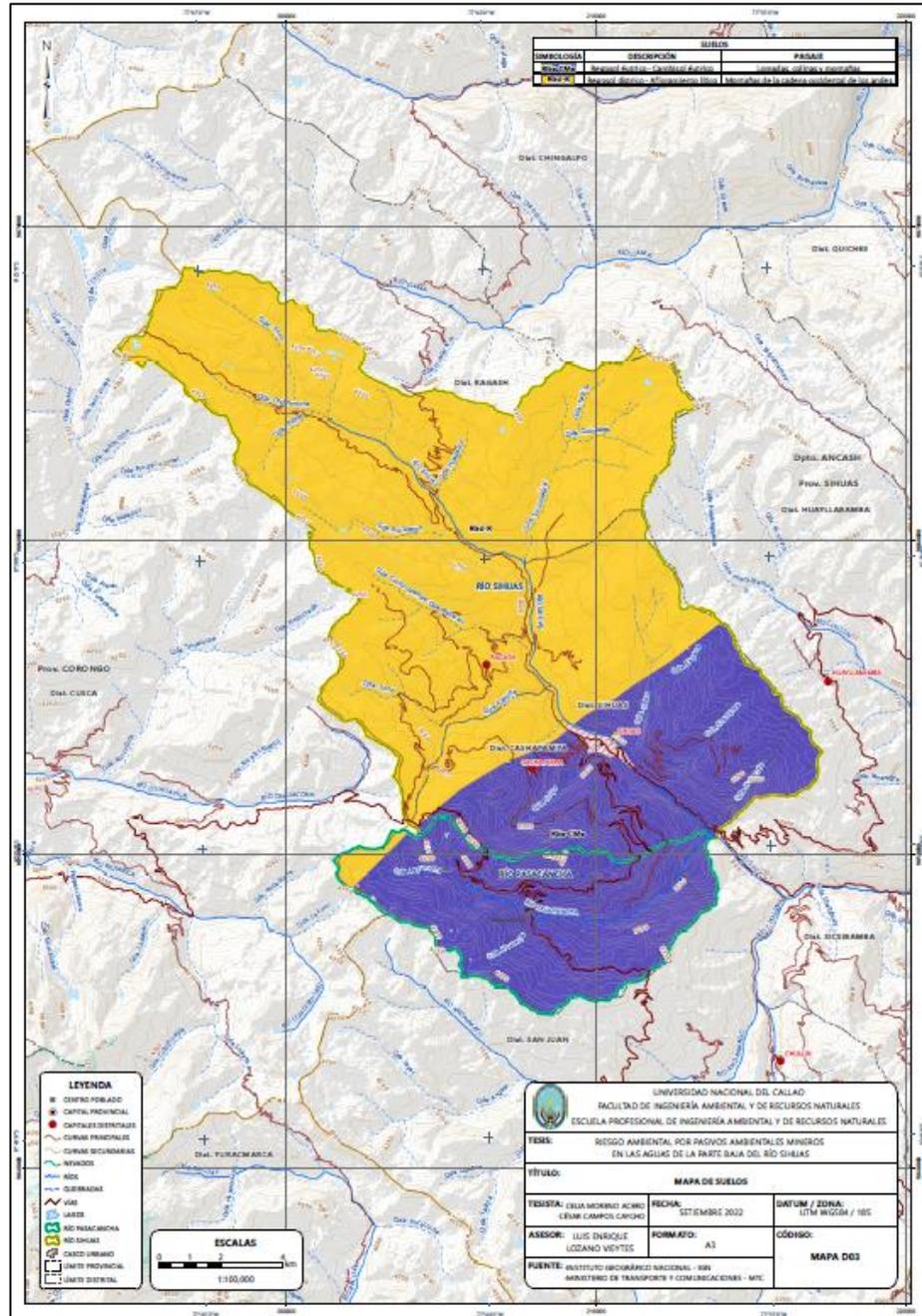
*Mapa de geomorfología del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra la geomorfología del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: INGEMMET (2022).

**Figura 9**

*Mapa de clasificación de suelos del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de clasificación de suelos del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del mapa de suelos del Perú. Fuente: MINAGRI (2009).

### e) Capacidad de uso mayor:

Según ONERN (1976) se presentan las siguientes categorías de Capacidad de Uso Mayor en los ríos Sihuas y Pasacancha, tal como se muestra en la tabla 8 y figura 10.

**Tabla 8**

*Capacidad de uso mayor en el río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
X - P2e	Asociación de protección de pastos. Limitada erosión. Calidad agrológica media
A2s (r) - X	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica media - Tierra de protección

Nota: La presente tabla muestra la capacidad de uso mayor en los ríos Sihuas y Pasacancha. Fuente: Los datos han sido obtenidos del Mapa Capacidad de Uso Mayor del Perú. Fuente: ONERN (1976).

### f) Hidrografía y parámetros geomorfológicos:

Se tienen los siguientes parámetros geomorfológicos en el río Sihuas, los cuales se muestran en las tablas 9, 10, 11 y 12:

**Tabla 9**

*Parámetros básicos del río Sihuas*

PARÁMETROS BÁSICOS	UNIDADES	
Perímetro de la cuenca	83.38	Km
Área de la cuenca	209.46	Km <sup>2</sup>
Longitud del río más largo	25.64	Km
Altitud mayor	4471.00	m
Altitud mayor del río	2489.00	m
Altitud menor	4269.00	m
Longitud total de ríos	112.90	km
Total de ríos	62.00	-
Altitud media de la cuenca	3738.86	m
Ríos de primer orden	29.00	-

Nota: La presente tabla muestra los parámetros básicos del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 10***Parámetros de forma del río Sihuas*

PARÁMETROS DE FORMA	UNIDADES	
Coeficiente de Compacidad	1.62	-
Ancho medio	8.17	km
Factor forma	0.32	-
Relación de elongación	0.64	-

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de forma del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 11***Parámetros de relieve del río Sihuas*

PARÁMETROS DE RELIEVE	UNIDADES	
Lado Mayor del Rectángulo Equivalente	35.85	Km
Lado Menor del Rectángulo Equivalente	5.84	Km
Pendiente media de la cuenca	5.53	%
Pendiente media del río principal	6.94	%

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de relieve del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 12***Parámetros de la red de drenaje del río Sihuas*

PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE	UNIDADES	
Densidad de drenaje	0.54	m/Km <sup>2</sup>
Frecuencia de ríos	0.30	ríos/Km <sup>2</sup>
Extensión media de escurrimiento superficial	0.46	Km
Coeficiente de Torrencialidad	0.14	ríos/Km <sup>2</sup>
Coeficiente de masividad	17.85	m/Km <sup>2</sup>

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de la red de drenaje del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

Se tienen los siguientes parámetros geomorfológicos en el río Sihuas, los cuales se muestran en las tablas 13, 14, 15 y 16:

**Tabla 13**

*Parámetros básicos del río Pasacancha*

PARÁMETROS BÁSICOS	UNIDADES	
Perímetro de la cuenca	34.57	Km
Área de la cuenca	44.09	Km <sup>2</sup>
Longitud del río más largo	12.97	Km
Altitud mayor	4404.00	m
Altitud mayor del río	2503.00	m
Altitud menor	4163.00	m
Longitud total de ríos	22.01	km
Total de ríos	6.00	-
Altitud media de la cuenca	3675.83	m
Ríos de primer orden	5.00	-

Nota: La presente tabla muestra los parámetros básicos del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 14**

*Parámetros de forma del río Pasacancha*

PARÁMETROS DE FORMA	UNIDADES	
Coefficiente de Compacidad	1.47	-
Ancho medio	3.40	km
Factor forma	0.26	-
Relación de elongación	0.58	-

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de forma del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 15***Parámetros de relieve del río Sihuas*

PARÁMETROS DE RELIEVE	UNIDADES	
Lado Mayor del Rectángulo Equivalente	14.17	Km
Lado Menor del Rectángulo Equivalente	3.11	Km
Pendiente media de la cuenca	13.41	%
Pendiente media del río principal	12.80	%

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de relieve del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

**Tabla 16***Parámetros de la red de drenaje del río Sihuas*

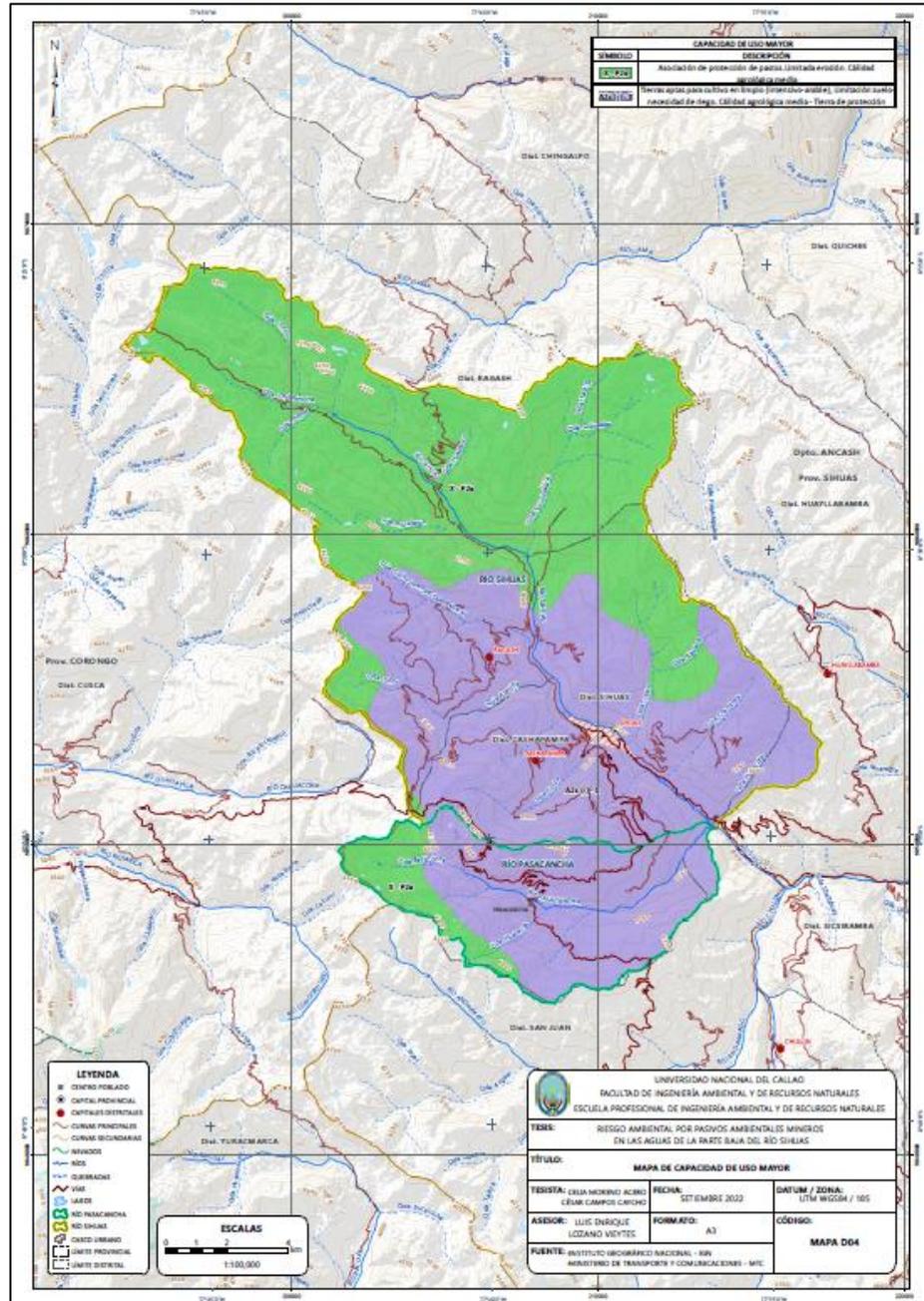
PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE	UNIDADES	
Densidad de drenaje	0.50	m/Km <sup>2</sup>
Frecuencia de ríos	0.14	ríos/Km <sup>2</sup>
Extensión media de escurrimiento superficial	0.50	Km
Coeficiente de Torrencialidad	0.11	ríos/Km <sup>2</sup>
Coeficiente de masividad	83.37	m/Km <sup>2</sup>

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de la red de drenaje del río Sihuas. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

En la figura 11, se muestra el mapa de hidrografía del río Sihuas y Pasacancha.

**Figura 10**

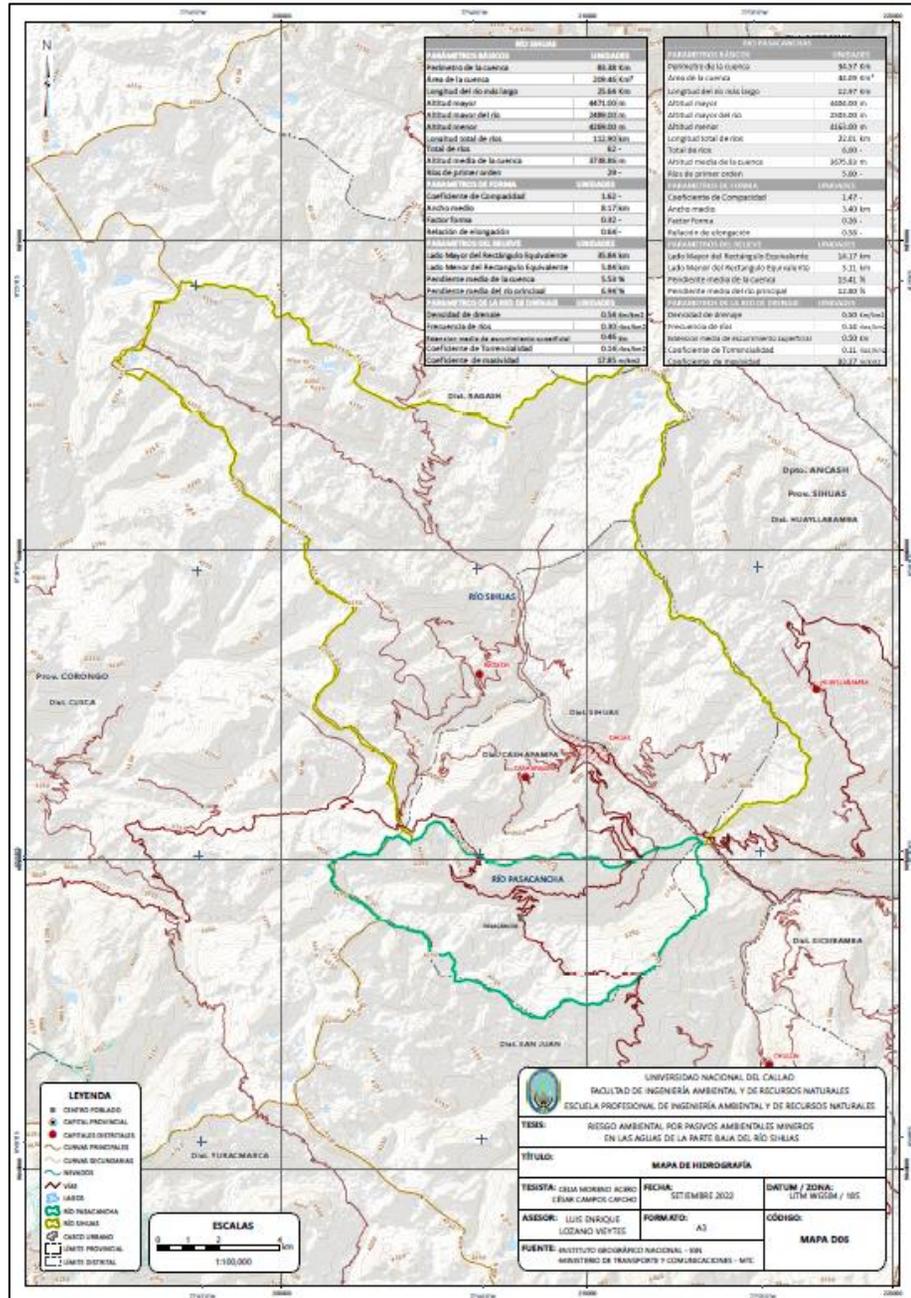
*Mapa de Capacidad de uso mayor del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de capacidad de uso mayor del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa Capacidad de Uso Mayor del Perú. Fuente: ONERN (1976).

**Figura 11**

**Mapa de Hidrografía del río Sihuas y Pasacancha**



Nota: La presente figura muestra el mapa de hidrografía del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa Geomorfológico del Perú. Fuente: (INGEMMET, 2022)

### g) Ecorregiones:

Según la clasificación de Antonio Brack Egg se ubican dos ecorregiones en los ríos Sihuas y Pasacancha: Puna y Selva Alta (Yungas), tal como se muestra en la tabla 17 y figura 12:

**Tabla 17**

*Ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha*

ECORREGIÓN	DOMINIO	DENOMINACIÓN
Puna	Dominio Andino - Patagónico	Provincia Puneña (Puna y Altos Andes)
Selva Alta (Yungas)	Dominio Amazónico	Provincia de las Yungas (Selva Alta)

Nota: La presente tabla muestra las ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha. Fuente: Los datos han sido obtenidos de las 11 ecorregiones de Antonio Brack Egg. Fuente: Ecología Verde (2022).

### h) Zonas de vida:

Se ubican las siguientes zonas de vida en los ríos Sihuas y Pasacancha: Bosque seco, estepa, matorral y páramo húmedo, los cuales se pueden ver en la figura 13.

### i) Climatología:

Se encuentran cuatro categorías según la clasificación climática de Thornthwaite los ríos Sihuas y Pasacancha, los cuales se muestran en la tabla 18 y figura 14.

**Tabla 18**

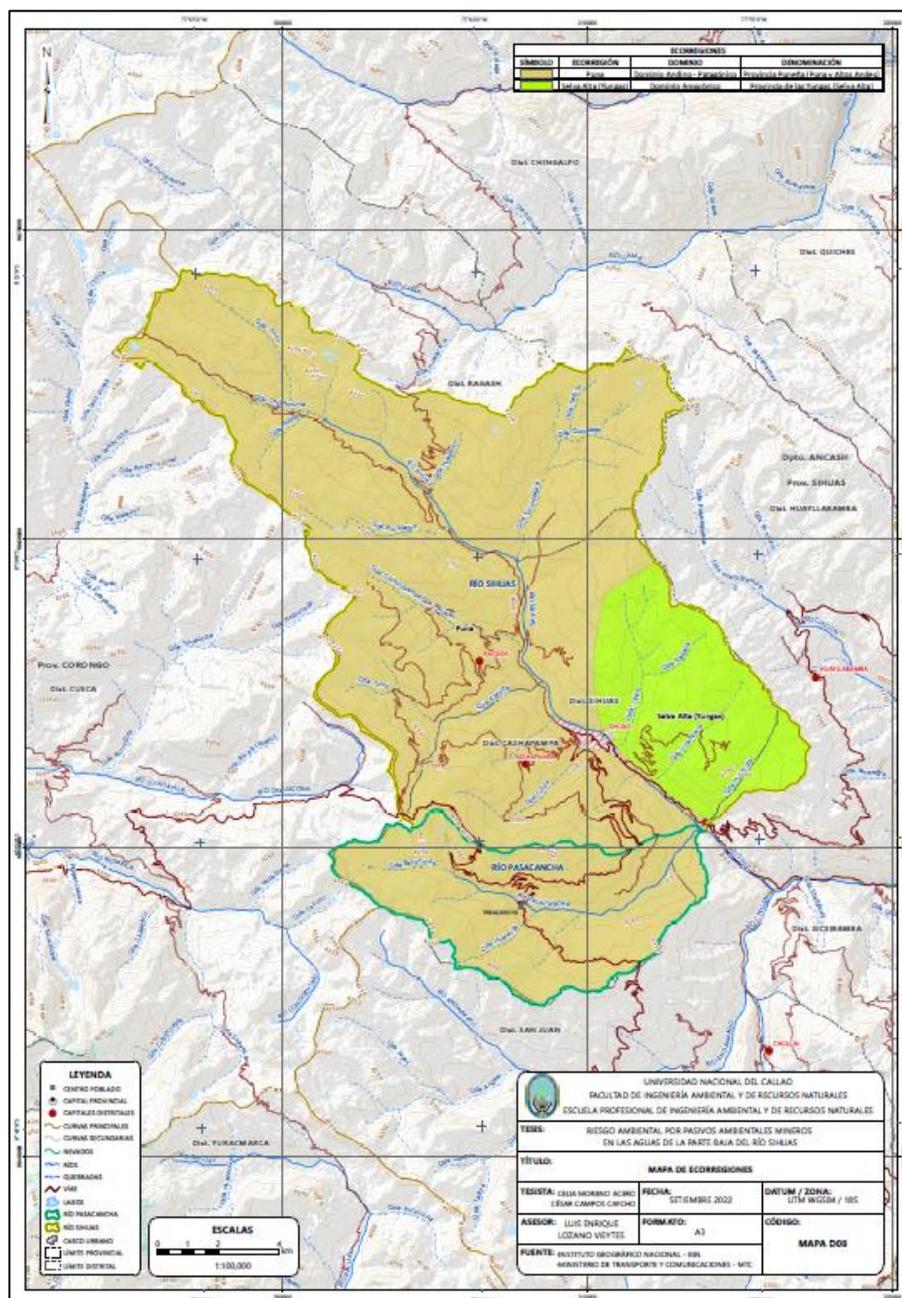
*Climatología del río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
B(o,i) B'3 H3	Lluvioso, otoño e invierno seco. Semifrío. Húmedo.
C(i) C' H3	Semiseco, invierno seco. Frío. Húmedo.
C(o,i,p) B'3 H3	Semiseco, otoño, invierno y primavera seca. Semifrío. Húmedo.

Nota: La presente tabla muestra las clasificaciones climatológicas del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa Climático del Perú. Fuente: SENAMHI (2020).

**Figura 12**

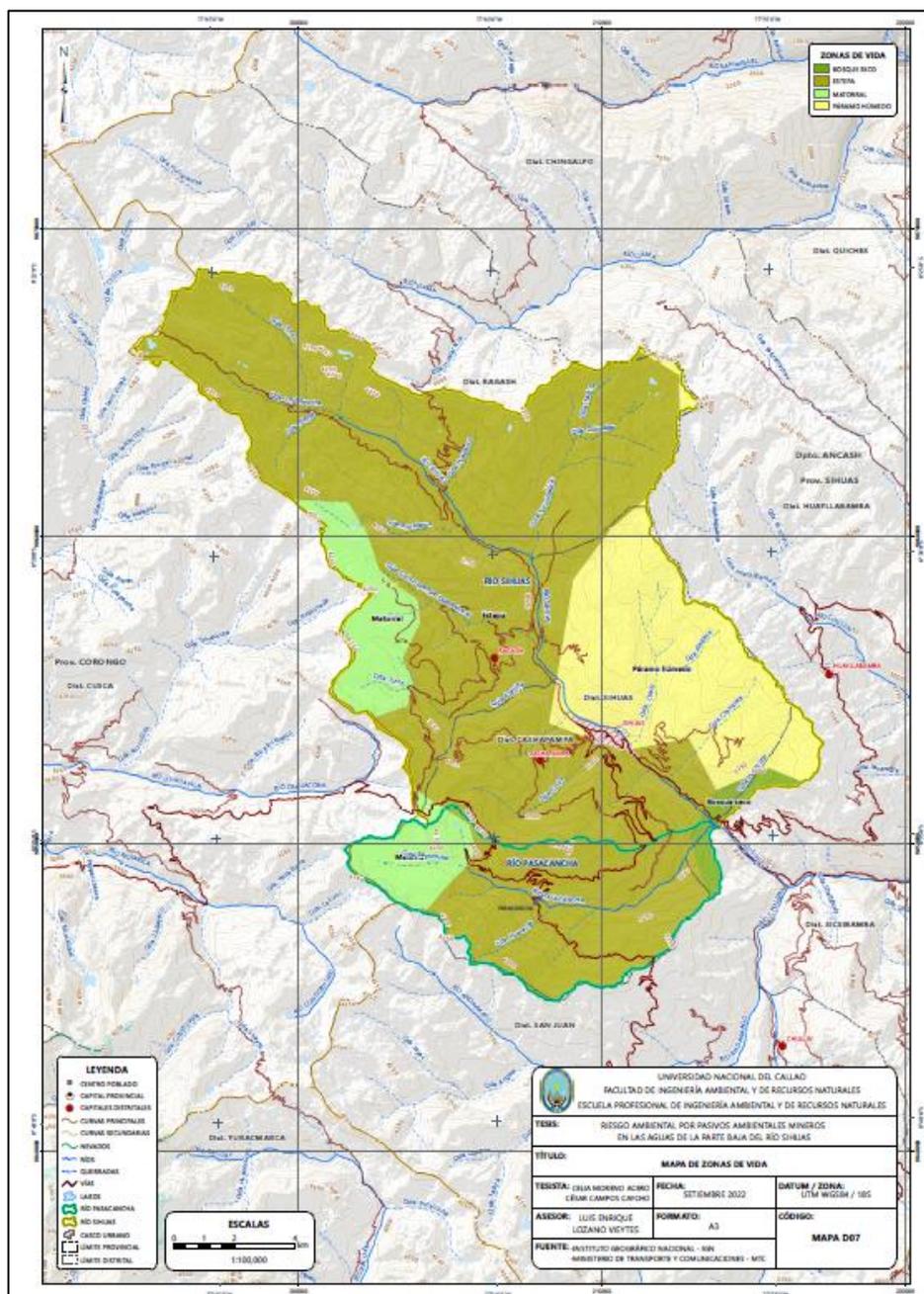
*Mapa de Ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos de las 11 ecorregiones de Antonio Brack Egg. Fuente: Ecología Verde (2022).

**Figura 13**

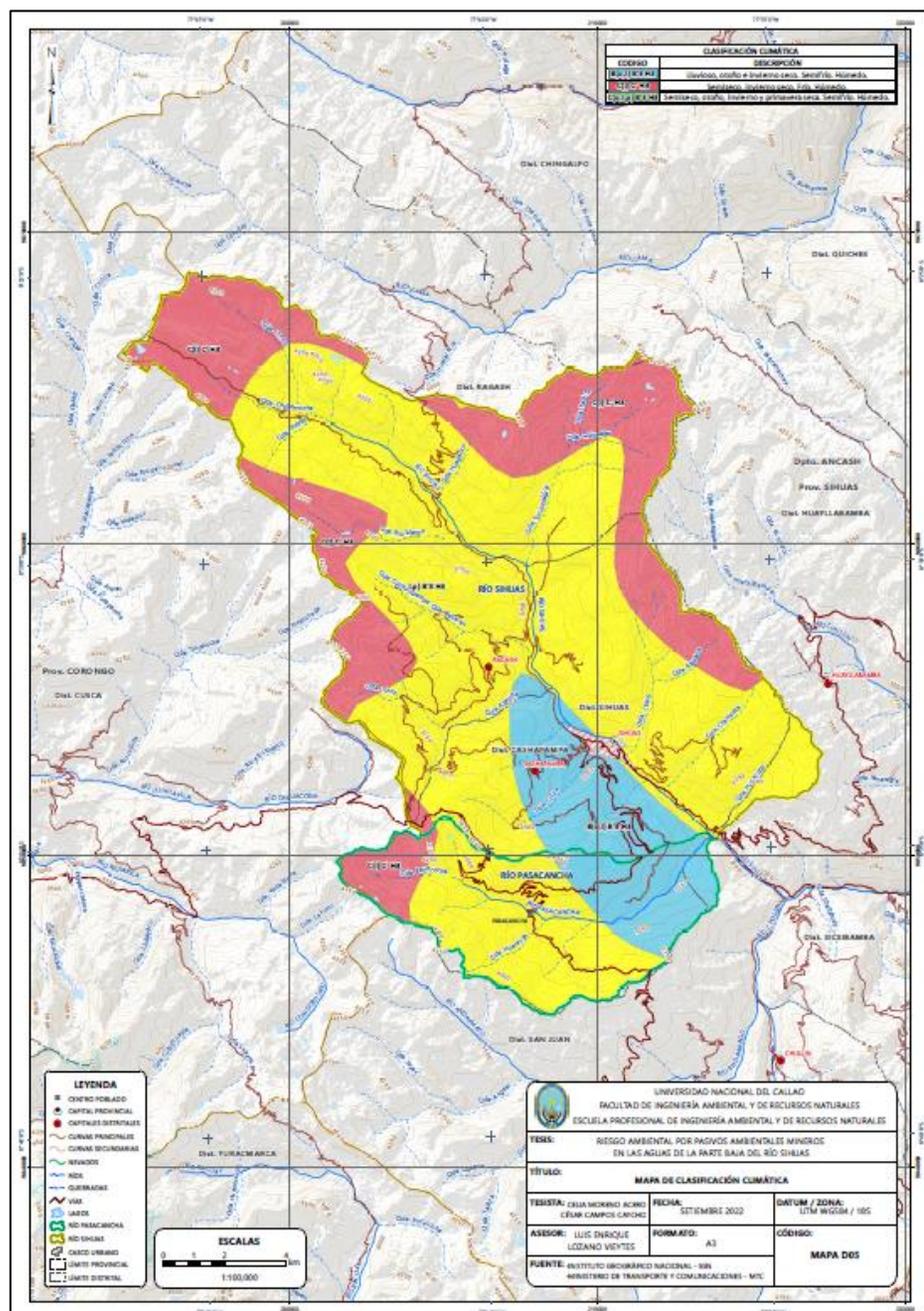
*Mapa de Zonas de vida del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de zonas de vida del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Atlas de zonas de vida del Perú. Fuente: SENAMHI (2017).

**Figura 14**

*Mapa de Clasificación climática del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de climatología del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa Climático del Perú. Fuente: SENAMHI (2020).

#### j) Cobertura vegetal:

En la tabla 19, se muestran los distintos tipos de cobertura vegetal en los ríos de Sihuas y Pasacancha. Se muestra una distribución gráfica en la figura 15.

**Tabla 19**

*Cobertura vegetal del río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Agri	Agricultura costera y andina
U	Área urbana
L/Co	Lagunas, lagos y cochas
Ma	Matorral arbustivo
Pj	Pajonal andino

Nota: La presente tabla muestra las ecorregiones del río Sihuas y Pasacancha.  
Fuente: Los datos han sido obtenidos del Mapa de coberturas vegetales del Perú.  
Fuente: MINAM (2015).

#### k) Ecosistemas frágiles:

En la tabla 20, se describe los ecosistemas y ecosistemas frágiles ubicados los ríos Sihuas y Pasacancha y se muestra una distribución gráfica en la figura 16.

**Tabla 20**

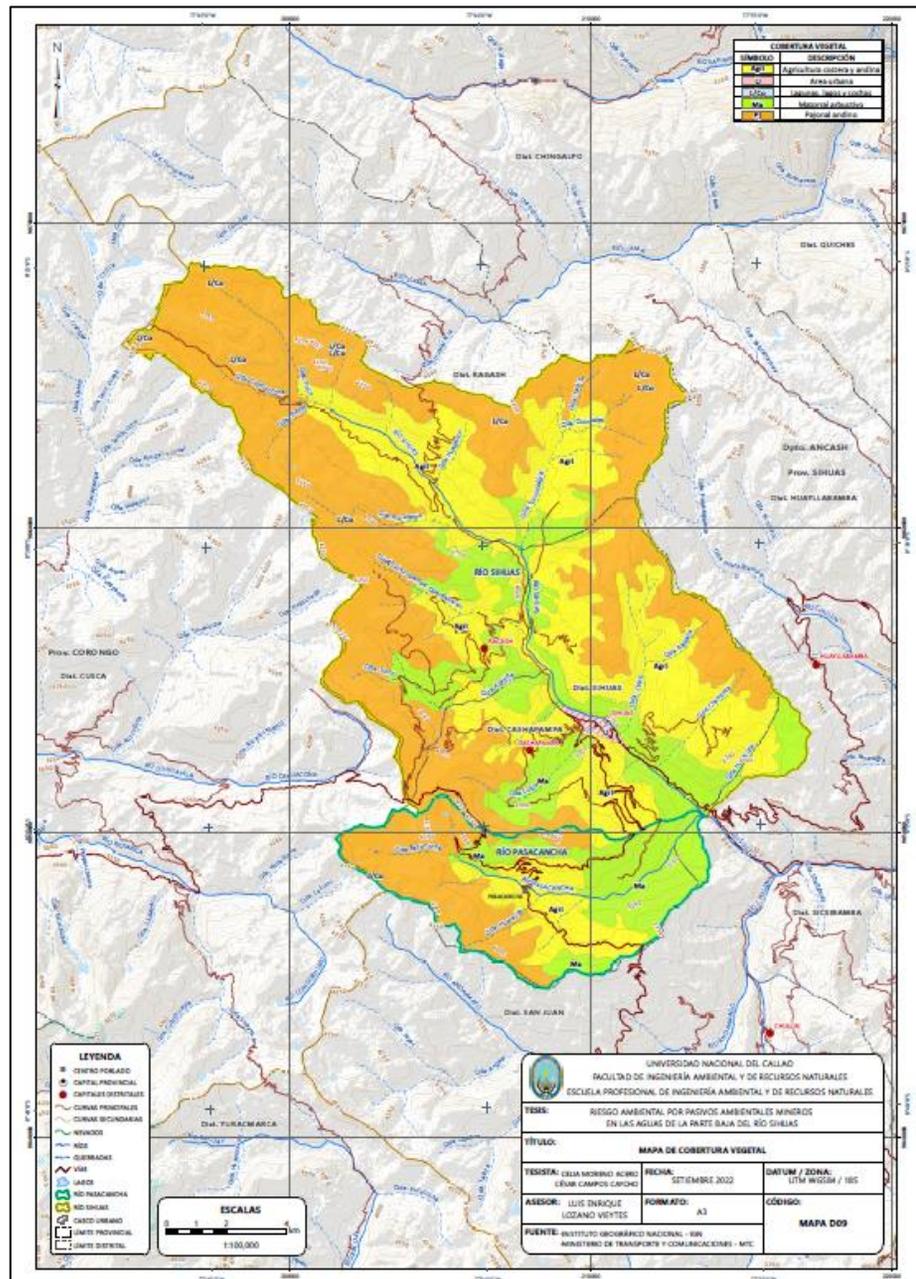
*Ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
<b>OTRAS ÁREAS</b>	
Agri	Zona agrícola
Urb	Zona urbana
<b>ECOSISTEMAS</b>	
Br-a	Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)
Ma	Matorral andino
Pjph	Pajonal de puna húmeda
<b>ECOSISTEMAS FRÁGILES</b>	
L	Lago y laguna

Nota: La presente tabla muestra los distintos ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa de ecosistemas del Perú.  
Fuente: MINAM (2018).

**Figura 15**

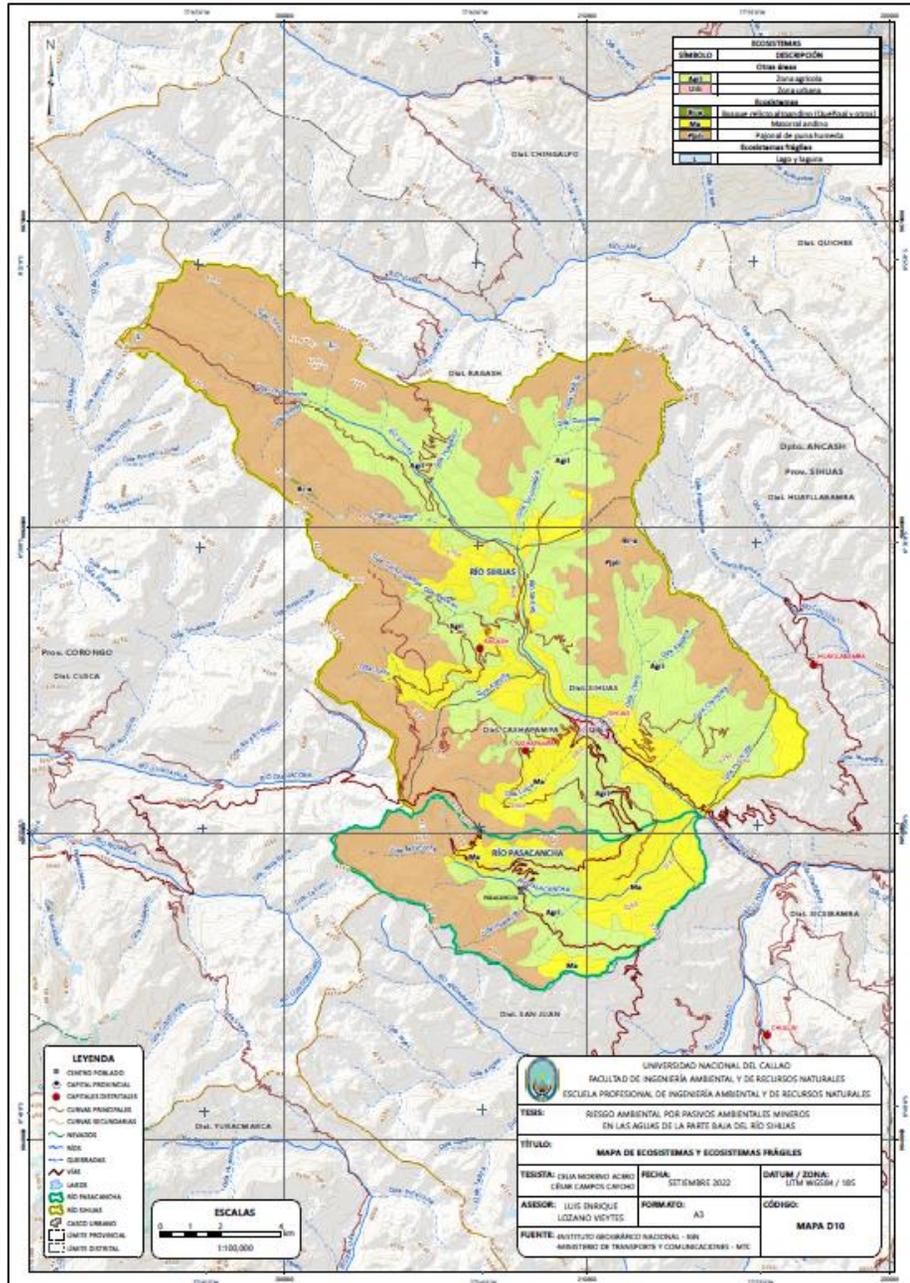
*Mapa de Cobertura vegetal del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de cobertura vegetal del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa de coberturas vegetales del Perú. Fuente: (MINAM, 2015).

**Figura 16**

*Mapa de ecosistemas y ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha*



Nota: La presente figura muestra el mapa de ecosistemas y ecosistemas frágiles del río Sihuas y Pasacancha. Los datos han sido obtenidos del Mapa de ecosistemas del Perú. Fuente: (MINAM, 2018).

Los factores condicionantes del riesgo ambiental en el río Sihuas y Pasacancha de acuerdo a la caracterización realizada son: Presenta pendiente elevada (río Sihuas de 41,8% y río Pasacancha de 44,8%), presenta un clima lluvioso y húmedo y la presencia de laderas y quebradas que facilita el traslado del escurrimiento de aguas acidas desde la parte alta de los PAM hasta el río. Asimismo, también puede existir traslado de las aguas acidas por infiltración debido a que presenta unidades litoestratigráficas tales como limoarcillita y areniscas que son considerados de calidad geotécnica mala.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **– Contaminación del agua superficial por pasivo ambiental minero**

Sierra (2011), señala que el mayor impacto ambiental de los Pasivos Ambientales Mineros es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Red Mullqui (2015), la contaminación de las aguas se debe a liberación de contaminantes tóxicos contenidos en los residuos mineros y desde las obras mineras, los tajos abiertos y los socavones entre otros. Existen diferentes fuentes y mecanismos de liberación de estos contaminantes. Los principales mecanismos de transporte a las aguas superficiales y subterráneas son las descargas directas de las aguas de proceso, las aguas de mina, el escurrimiento superficial y la infiltración. Impactos adversos también al agua superficial lo conforman la descarga superficial de sedimentos contaminados, la reducción del pH, la destrucción de ecosistemas hídricos y la contaminación del agua.

También Red Mullqui (2015), menciona que las aguas superficiales se pueden contaminar debido a la erosión y descarga de sedimentos y materiales provenientes de los tajos abiertos, pilas de lixiviación, tanques de relaves, desmontes, etc. hacia los cuerpos acuáticos. Una alta o elevada concentración de sedimentos o una concentración elevada de contaminantes en el sedimento en el agua pueden producir efectos adversos a la vida acuática.

La UNESCO (2009), señala que los impactos ambientales de los pasivos ambientales mineros sobre los recursos hídricos, son principalmente la contaminación del agua por la generación de aguas ácidas, que resultan de la reacción de minerales sulfuros (especialmente pirita y calcopirita) con el agua y el oxígeno en el aire y la contaminación del agua por metales traza, procedentes de escombreras, balsas de lodos, y efluentes de minas procedentes del rebote de las aguas una vez terminada la actividad.

#### - **Riesgo ambiental por pasivo ambiental minero**

Un PAM constituye un potencial riesgo de contaminación ambiental, y también, un riesgo para la salud humana y animal, y la pérdida de bienes y servicios ambientales.

Cuentas, y otros (2019), mencionan que el riesgo ambiental por PAM, se refiere al riesgo derivado de la probabilidad de que un contaminante pueda afectar a la salud humana, los ecosistemas o la calidad del agua o suelo y la gravedad de las consecuencias. El riesgo ambiental se debe a la presencia de metales pesados en los residuos mineros como son los relaves y los desmontes y a la liberación de ellos al medio ambiente.

Sánchez, y otros, (2014), señalan que entre los principales impactos generados por los PAM están los efectos negativos sobre la salud y calidad de vida de personas, contaminación de cuerpos de agua a causa de filtraciones y descargas de drenaje ácido, contaminación del suelo, contaminación del aire debido al polvo generado, inestabilidad física que implica el riesgo de derrumbes, deslizamientos y efectos negativos sobre otras actividades económicas, como la agricultura y ganadería.

#### **2.4. Definición de términos básicos**

- **Recurso Agua:** Anicama, y otros (2017), mencionan que el agua es un recurso natural renovable y considerado fundamental pues se relaciona con el resto de los elementos bióticos y abióticos del medio ambiente, asimismo el agua incide

en el desarrollo y existencia del suelo, flora, fauna, actividades humanas, etc. En general, el agua condiciona la calidad, la capacidad y el tipo de usos del territorio, y, en esencia, la existencia de la rica biodiversidad del país.

- **Contaminación:** Campos (2000), señala en referencia a la contaminación que “Se refiere a la alteración de los factores bióticos (sustancias orgánicas y seres vivos) o abióticos (aire, agua, minerales) del medio ambiente, debido a la descarga o emisión de desechos sólidos, líquidos o gaseosos”.
- **Riesgo ambiental:** El Ministerio del Ambiente [Dirección General de Calidad Ambiental (2010), define al riesgo ambiental como la probabilidad de ocurrencia 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.
- **Nivel de riesgo ambiental:** El Ministerio del Ambiente [Dirección General de Calidad Ambiental (2010), define al nivel de riesgo ambiental como el nivel de significancia del riesgo ambiental como leve, moderado y significativo teniendo una relación matricial y una equivalencia porcentual.
- **Pasivo minero:** El Congreso de la República del Perú (2004), define al pasivo minero como aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras abandonadas o inactivas que constituyen un riesgo para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.
- **Estándar de calidad ambiental (ECA):** El Congreso de la República del Perú (2005), define al Estándar de calidad ambiental (ECA) como los parámetros físicos, químicos y biológicos que establece el nivel de concentración en el cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

- Los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas.

##### **3.1.2. Hipótesis Específica**

- La frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por el PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas es menor una vez a la semana.
- Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas del río Sihuas, se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso.
- El nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto.
- El nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto.

### 3.2. Operacionalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Método	Técnica
Y: Riesgo ambiental	Probabilidad de ocurrencia 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)	Evaluación en base a resultados de los monitoreos de la calidad del agua del río Sihuas y del inventario de pasivos mineros del Ministerio de Energía y Minas.	Nivel	Probabilidad x Gravedad de ocurrencia	Revisión documental Hipotético deductivo	Guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010)
X <sub>1</sub> : Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM	Consecuencia de exposición a un determinado pasivo ambiental que compromete la salud, seguridad de la población y calidad del ambiente. (OEFA, 2013)	Frecuencia de ocurrencia de flujo del drenaje ácido de mina por pasivos ambientales.	Flujo de drenaje ácido de mina	Frecuencia	Observacional Hipotético deductivo	Visita de campo
X <sub>2</sub> : Calidad del agua	Lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas (Sierra, 2011)	Comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos tomando como referencia el D.S. N° 004-2017-MINAM-Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua superficial	Parámetros fisicoquímicos  Parámetros inorgánicos	Potencial de hidrógeno (pH) Sulfatos (mg/L)  Aluminio (mg/L) Cadmio (mg/L) Cobre (mg/L) Hierro (mg/L) Manganeso (mg/L) Mercurio (mg/L) Níquel (mg/L) Plomo (mg/L) Zinc (mg/L)	Revisión documental Hipotético deductivo	Resultados de monitoreos ECA agua del 2018 al 2021
X <sub>3</sub> : Población	Conjunto de personas que políticamente y jurídicamente se encuentran organizados integrando el Estado como uno de sus elementos constitutivos (Herrera, 2003)	Número de habitantes con riesgo a ser afectados previa a la determinación de la extensión de la distancia entre el pasivo ambiental y el área afectada del estudio	Número de pobladores	Valor 1: Menor a 5 Valor 2: Entre 5 a 50 Valor 3: Entre 50 a 100 Valor 4: Mayor a 100	Revisión documental Hipotético deductivo	Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de comunidades indígenas Guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010)
X <sub>4</sub> : Cuerpo receptor del patrimonio y capital productivo	Valoración del patrimonio social y económico (MINAM, 2010)	Porcentaje de pérdida acumulativa de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de la calidad del agua que excedan los estándares de calidad ambiental.	Porcentaje de pérdida del cuerpo receptor	Valor 4: 100% Valor 3: 50% Valor 2: Entre 10 - 20% Valor 1: Entre 1 - 2%	Revisión documental Hipotético deductivo	Resultados de monitoreos ECA agua del 2018 al 2021 Guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010)

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Diseño metodológico**

Según Hernández, y otros (2014), la presente investigación es de tipo aplicada por que los conocimientos desarrollados van a ayudar a resolver un problema. Por su enfoque es cuantitativo, ya que toma en cuenta los principios teóricos y emplea métodos cuantitativos para la recolección de datos. Por su nivel es explicativo, debido a que se tiene una relación causal, recogiendo la información sobre las variables en estudio para describir las características y rasgos importantes de las mismas y encontrar las causas del mismo.

### **4.2. Método de la investigación**

Esta investigación consta de 3 fases:

#### **1. Recopilación de la información:**

##### **a. Identificación de los pasivos ambientales mineros**

Se realizó la visita de campo al área de estudio el 5 de agosto del 2022, para realizar el reconocimiento de la ubicación y tipos de los pasivos ambientales mineros. Las galerías de fotografías de la visita y el inventario de los pasivos ambientales mineros se encuentran en el anexo 2 y anexo 3, respectivamente. Los tipos de pasivos ambientales que se ha identificado fueron: labor minera (chimenea, bocamina, media barreta, tajo, tajeo comunicado y media barreta), residuo minero (desmante de mina y relaves) e infraestructura (plantas de procesamiento).

##### **b. Monitoreo de la calidad del agua del río Sihuas**

Se realizó el análisis de los resultados de monitoreo de la calidad del agua correspondientes a los años 2018, 2019, 2020 y 2021, dichos monitoreos fueron realizados por la Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba, Ancash. A continuación, en la tabla 21, se detalla los parámetros que se han analizado teniendo en como referencia que el drenaje ácido de mina se caracteriza por tener bajo pH, contenido de sulfato y metales como: Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni.

**Tabla 21***Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de estudio*

Parámetros Fisicoquímicos	Parámetros inorgánicos
Potencial de Hidrogeno (pH) y Sulfatos	Aluminio, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc

Nota: La presente tabla muestra los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos que caracteriza al drenaje ácido de mina. Fuente: Aduvire (2006).

La ubicación de los puntos de monitoreo RSih3, RPasa1 y RPasa2 se muestran en la tabla 22 y en los anexos 7 y 9. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) no ha asignado una categoría de clasificación a los ríos Sihuas y Pasacancha. Cuando se tiene este escenario, para poder definir la categoría del cuerpo de agua con la que se realizará la comparación de los resultados de monitoreo con los estándares de calidad ambiental para agua, se deberá considerar la categoría asignada al recurso hídrico al que se tributa (MINAM, 2017).

En tal sentido, según la ANA (2018), a los ríos Sihuas y Pasacancha les corresponden la categoría 3 debido a que tributan al río Marañón de unidad hidrográfica Intercuenca Alto Marañón V con código UH 49899, al que corresponde la categoría 3.

**Tabla 22***Ubicación de los puntos de monitoreo RSih3, RPasa1 y RPasa2*

Punto de monitoreo	Descripción	Este	Norte	Altitud	Clasificación
RSihu3	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha	204648	9061531	3365	Cat.3
RPasa1	Río Pasacancha antes de la confluencia con el río Sihuas, lugar fundo Casablanca	213642	9050526	2752	Cat.3
RPasa2	Río Pasacancha Puente Pasacancha del centro poblado de Pasacancha	205718	9048224	3372	Cat.3

Nota: La presente tabla muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de RSih3, RPasa1 y RPasa2. Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

Los resultados de la calidad del agua en los puntos de monitoreo RSih3, RPasa1 y RPasa2, se encuentran en las tablas 23, 24 y 25, respectivamente. Los resultados sujetos al análisis son el promedio de 2018 al 2021 de cada parámetro.

**Tabla 23**

*Resultados de la calidad del agua para RSih3*

Parámetro	Año				Promedio
	2018	2019	2020	2021	
Potencial de hidrógeno (pH)	8.26	7.9	7.7	8.075	7.98375
Sulfatos (mg/L)	74.22	74.44	66.61	72.39	71.915
Aluminio (mg/L)	7.693	2.104	0.725	0.512	2.7585
Cadmio (mg/L)	0.00087	0.00093	< 0.0001	< 0.0001	0.0009
Cobre (mg/L)	0.01367	0.0072	0.0101	0.005	0.0089925
Hierro (mg/L)	9.359	4.22	2.096	1.03	4.17625
Manganeso (mg/L)	0.44004	0.2154	0.2247	0.1284	0.252135
Mercurio (mg/L)	< 0.00003	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.00005
Níquel (mg/L)	0.0155	0.0161	0.004	0.0025	0.009525
Plomo (mg/L)	0.014	0.0047	0.0034	0.0028	0.006225
Zinc (mg/L)	0.122	0.089	0.083	0.105	0.09975

Nota: La presente tabla muestra los resultados de monitoreo de RSih3 de los años 2018 al 2021. Fuente: Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba.

**Tabla 24***Resultados de la calidad del agua para RPasa1*

Parámetro	Año				Promedio
	2018	2019	2020	2021	
Potencial de hidrógeno (pH)	4,97	7,4	6,1	6,643	6.28
Sulfatos (mg/L)	211,6	219,2	304,2	236,7	242.93
Aluminio (mg/L)	9,094	3,625	6,256	4,388	5.84
Cadmio (mg/L)	0,01955	0,0908	0,01999	0,01735	0.04
Cobre (mg/L)	0,20528	0,1106	0,3145	0,1722	0.20
Hierro (mg/L)	12,82	2,271	0,742	0,781	4.15
Manganeso (mg/L)	1,491	1,002	1,284	1,092	1.22
Mercurio (mg/L)	<0,00003	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Níquel (mg/L)	0,0336	0,0189	0,022	0,0182	0.02
Plomo (mg/L)	0.1033	0,0102	0,0514	0,0211	0.05
Zinc (mg/L)	6,02	2,884	6,142	4,878	4.98

Nota: La presente tabla muestra los resultados de monitoreo de RPasa1 de los años 2018 al 2021. Fuente: Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba.

**Tabla 25***Resultados de la calidad del agua para RPasa2*

Parámetro	Año				Promedio
	2018	2019	2020	2021	
Potencial de hidrógeno (pH)	4.97	3.6	3.3	8.455	5.08125
Sulfatos (mg/L)	211.6	118.9	187.4	150.7	167.15
Aluminio (mg/L)	5.926	3.992	7.526	5.228	5.668
Cadmio (mg/L)	0.02339	0.01618	0.02727	0.02879	0.0239075
Cobre (mg/L)	0.40581	0.2898	0.5267	0.3321	0.3886025
Hierro (mg/L)	11.87	8.981	28.86	12.12	15.45775
Manganeso (mg/L)	0.9384	0.6206	1.185	0.8578	0.90045
Mercurio (mg/L)	<0.00003	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Níquel (mg/L)	0.0216	0.0155	0.0261	0.0189	0.020525
Plomo (mg/L)	0.0164	0.0144	0.1154	0.0126	0.0397
Zinc (mg/L)	9.27	5.61	10.36	7.716	8.239

Nota: La presente tabla muestra los resultados de monitoreo de RPasa2 de los años 2018 al 2021. Fuente: Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba.

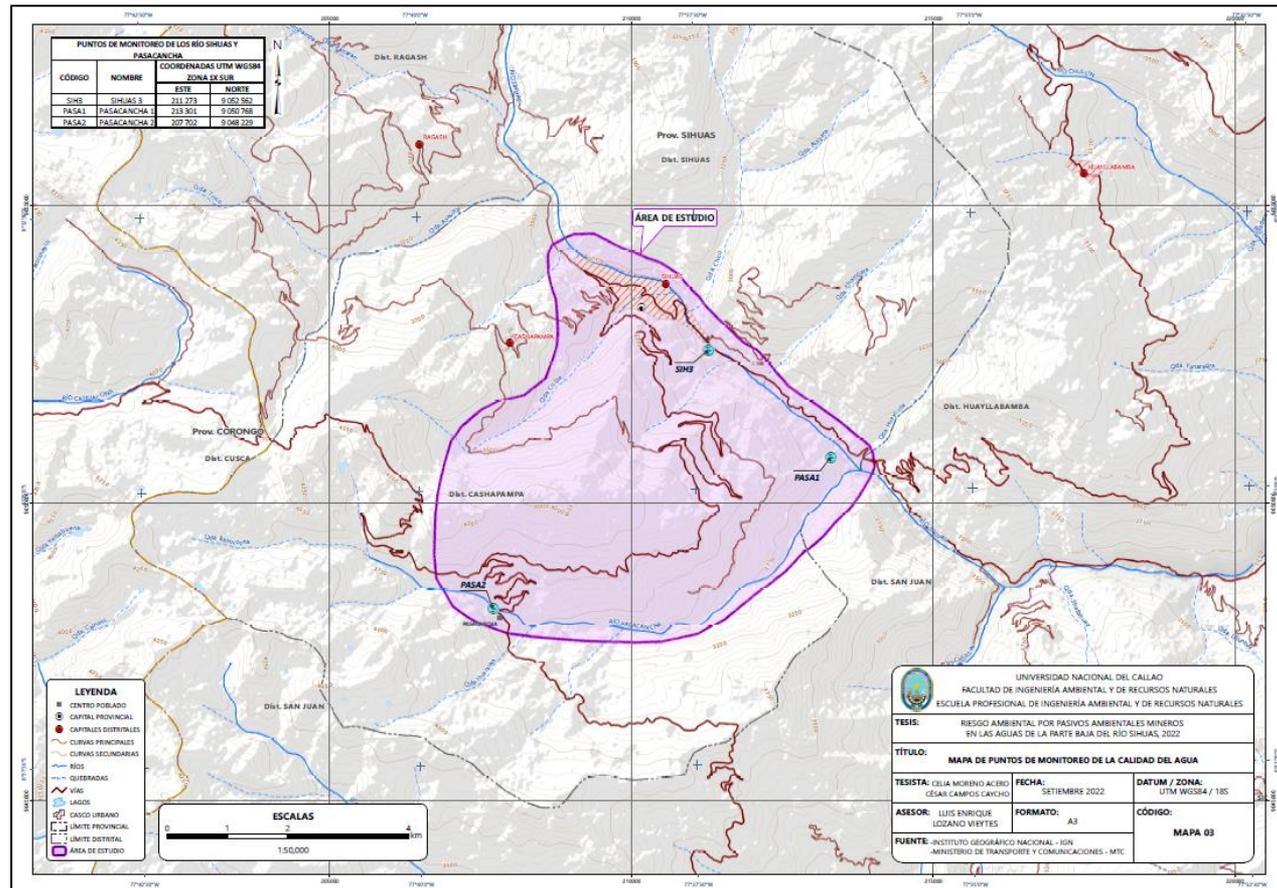
## 2. Elaboración cartográfica:

Se elaboró 5 mapas, siendo:

- De ubicación de los pasivos ambientales mineros en la sub cuenca del río Sihuas, teniendo en cuenta las coordenadas descritas en el inventario de pasivos ambientales mineros 2021, tal como se muestra en el anexo 10.
- De ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del agua del río Sihuas y sus afluentes, tal como se muestra en la figura 17.
- Se elaboró un mapa de afectación de la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha, donde se muestran las ubicaciones del centro poblado Pasacancha en el distrito de Cashapampa y el distrito de Sihuas, así como los ríos Sihuas y Pasacancha. (ver figura 18).
- De ubicación del área de estudio, tal como se muestra en la figura 19.
- De la ubicación de la distancia de los PAM al distrito de Sihuas (Ver anexo 11).

**Figura 17**

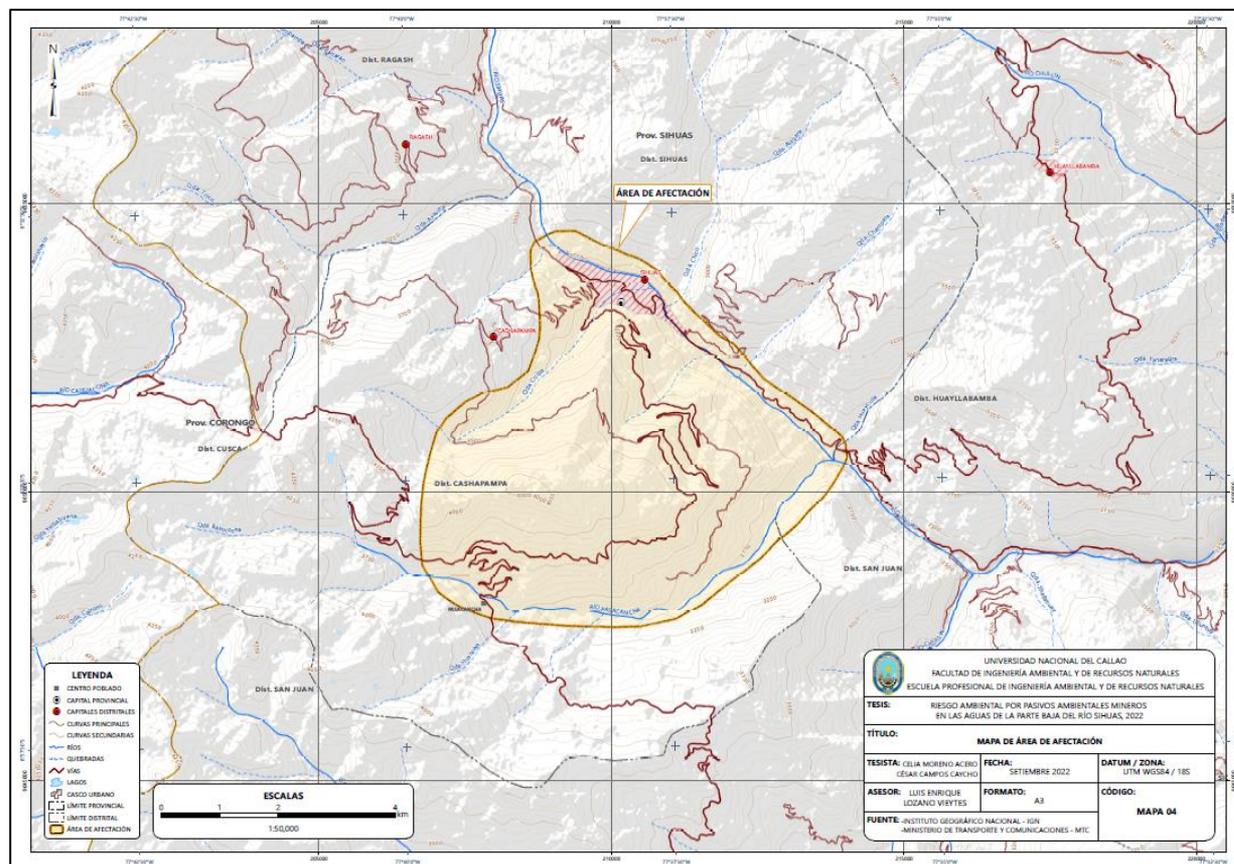
*Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo*



Nota: La presente figura muestra el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2. Los datos han sido obtenidos de la Autoridad Local del Agua (ALA) de Pomabamba.

**Figura 18**

*Mapa de afectación en la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha*

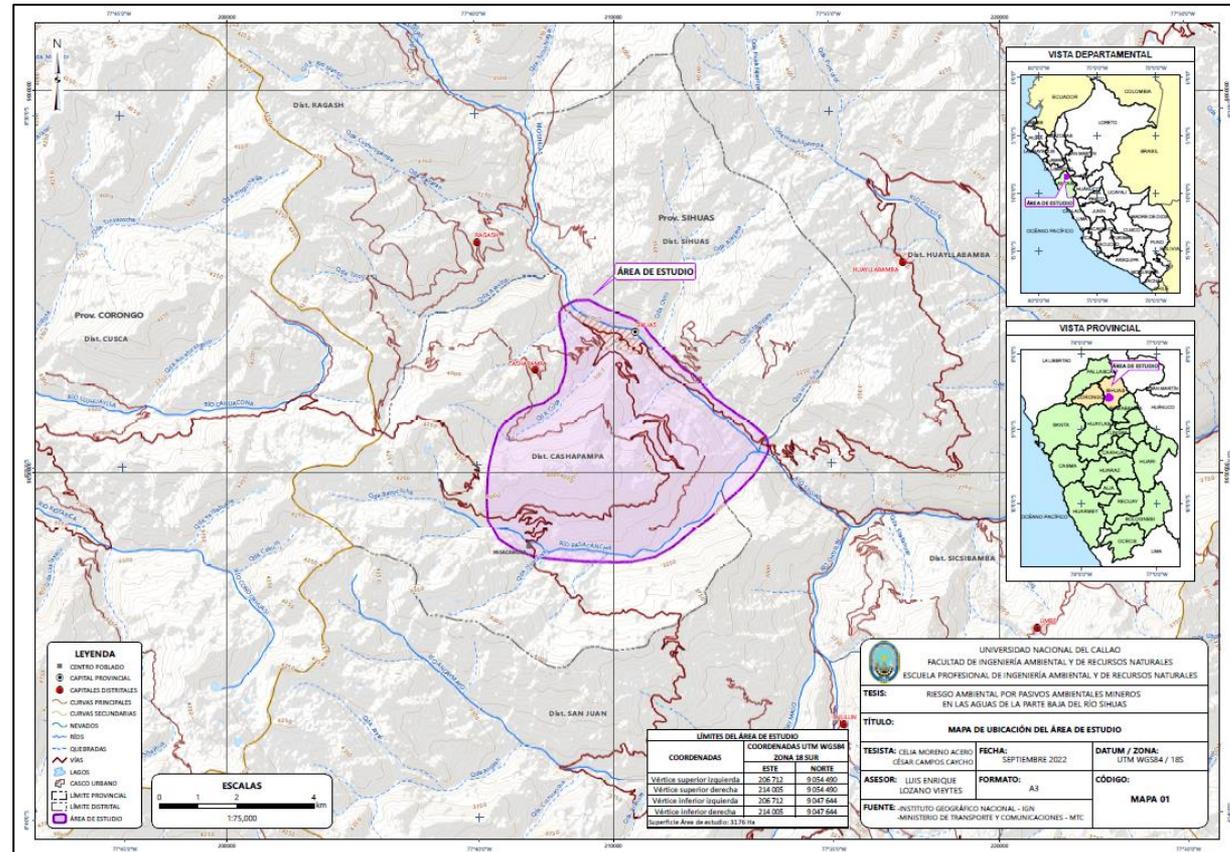


Nota: Los datos muestran el área de afectación en la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

**Figura 19**

*Mapa de ubicación del área de estudio*



Nota: Los datos muestran el área de afectación en la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

### 3. Análisis de datos:

#### a) Identificación de peligros que puedan generar riesgos:

La identificación de los peligros que puedan generar riesgo son aquellos pasivos ambientales mineros que presentan drenaje continuo, drenaje intermitente provocado por lluvias no estacionarias, drenaje provocado por lluvias estacionarias, drenaje probable por infiltración o arrastre o drenaje posible por escorrentía y, su proximidad al río Sihuas o su afluente al río Pasacancha (Ver anexo 4). En base a la información recabada de la visita de campo sobre los pasivos ambientales mineros que generan drenaje ácido de mina, se realizó la evaluación del riesgo ambiental, utilizando la Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM.

#### b) Estimación de la probabilidad

Utilizando la Guía de evaluación de riesgo ambiental, se valorarán dichos riesgos utilizando una escala de valoración que relaciona el nivel de ocurrencia de la generación de drenaje que generan los PAM y la frecuencia, que puede ser diario, semanal, mensual, anual o mayor a un año, tal como lo muestra la tabla 26.

**Tabla 26**

*Estimación de la probabilidad de ocurrencia*

Probabilidad de la ocurrencia	Valor	
Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
Mayor una vez a la semana y menor una vez al mes	Altamente probable	4
Mayor una vez al mes y menor una vez al año	Probable	3
Mayor una vez al año y menor una vez cada 5 años	Posible	2
Mayor una vez cada 5 años	Poco probable	1

Nota: En la tabla se muestra los criterios de valoración para la estimación de la probabilidad de ocurrencia. Fuente: MINAM (2010)

### c) Para la estimación de la gravedad

Utilizando la Guía de evaluación de riesgo ambiental, se han considerado tres entornos y su cálculo está en función a indicadores utilizando diferentes fórmulas:

- i. **Entorno humano:** Se determinará en función de la afectación a la salud de la población:

$$\text{Entorno humano} = C + 2P + E_h + Pobl$$

A continuación, se muestran los valores de las variables con la que se estimará el entorno humano:

- **Cantidad (C):** Es el probable volumen de sustancia emitida al entorno. Los valores se muestran en la tabla 27.

**Tabla 27**

*Factor cantidad para el entorno humano*

Componente ambiental (t)	Valor	
Mayor a 500	Muy alta	4
50-500	Alta	3
5-49	Muy poca	2
Menor a 5	Poca	1

Nota: La presenta tabla muestra la escala de valoración para el factor cantidad del entorno humano. Fuente: MINAM (2010)

- **Peligrosidad (P):** Es la propiedad intrínseca para causar daño en el componente ambiente en función a su toxicidad, posibilidad de acumulación, entre otras. La escala de valoración se muestra en la tabla 28.

**Tabla 28***Factor peligrosidad para el entorno humano*

<b>Peligrosidad</b>	<b>Valor</b>
Muy inflamable Muy tóxica Causa efectos irreversibles inmediatos	Muy peligrosa 4
Explosiva Inflamable Corrosiva	Peligrosa 3
Combustible	Poco peligrosa 2
Daños leves y reversibles	No peligrosa 1

Nota: La presente tabla muestra la escala de valoración del factor peligrosidad del entorno humano. Fuente: MINAM (2010)

- **Extensión (Eh):** Es la distancia entre el pasivo ambiental y el área afectada del estudio. La escala de valoración se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29***Factor extensión en el entorno humano*

<b>Extensión</b>	<b>Valor</b>
Radio mayor a 1 Km	Muy extenso 4
Radio hasta 1 Km	Extenso 3
Radio menos a 0.5 Km (zona emplazada)	Poco extenso 2
Área afectada (zona delimitada)	Puntual 1

Nota: La presente tabla muestra la escala de valoración del factor extensión del entorno humano. Fuente: MINAM (2010)

- **Población (Pobl):** Número de habitantes con riesgo a ser afectados previa a la determinación de la extensión. La escala de valoración se encuentra en la tabla 30.

**Tabla 30**

*Factor población*

<b>Población potencialmente afectada</b>	<b>Valor</b>	
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: La presente tabla muestra la escala de valoración del factor población del entorno humano. Fuente: MINAM (2010)

- ii. **Entorno natural:** Se determinará en función de la afectación de la calidad del ambiente:

$$\text{Entorno natural} = C + 2P + En + CM$$

Para la estimación del entorno natural, la cantidad, peligrosidad y la extensión en el entorno natural son iguales a los factores del entorno humano aplicándose lo indicado en la tabla 27, 28 y 29. A continuación, se muestran los valores de la calidad del medio con la que se estimará el entorno natural:

**Calidad del medio (CM):** Número de indicadores afectados en el componente agua que superan el ECA de agua. La escala de valoración se encuentra en la tabla 31.

**Tabla 31***Factor calidad del medio (CM)*

Calidad del medio	Valor
Daños muy altos: Explotación indiscriminada de RRNN y existe un nivel de contaminación alto	Muy elevada 4
Daños altos: Alto nivel de explotación de RRNN y existe un nivel moderado de contaminación	Elevada 3
Daños moderados: Nivel moderado de explotación de RRNN y existe un nivel de contaminación leve	Media 2
Daños leves: Conservación de los RRNN y no existe contaminación	Baja 1

Nota: La presente tabla muestra la escala de valoración del factor calidad del medio del entorno natural. Fuente: MINAM (2010)

iii. **Entorno socioeconómico:** Se determinará en función recabada en campo:

$$\text{Entorno socioeconómico} = C + 2P + Es + PCP$$

Para la estimación del entorno socioeconómico, la cantidad, peligrosidad y el entorno son iguales a los factores del entorno humano y natural, aplicándose lo indicado en la tabla 27, 28 y 29. A continuación, se muestran los valores de las variables con la que se estimará el entorno natural:

**Patrimonio Capital Productivo (PCP):** Es la cantidad en porcentaje de parámetros que superan el ECA agua. La escala de valoración se muestra en la tabla 32.

**Tabla 32****Factor de patrimonio y capital productivo (PCP)**

Patrimonio y capital productivo (PCP)	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	Muy alto	4
Agudo: Pérdida del 50% del receptor. Cuando el resultado prevé efecto agudo y en los casos de una pérdida parcial pero intensa del receptor. Escasamente productiva	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	Bajo	2
Pérdida de entre el 1% y 2% del receptor. Esta se puede clasificar los escenarios que producen efectos, pero difícilmente medido o evaluados, sobre el receptor. Alta productividad	Muy bajo	1

Nota: La presente tabla muestra la escala de valoración del factor patrimonio y capital productivo (PCP) para el entorno socioeconómico. Fuente: MINAM (2010)

**d) Evaluación del riesgo ambiental:**

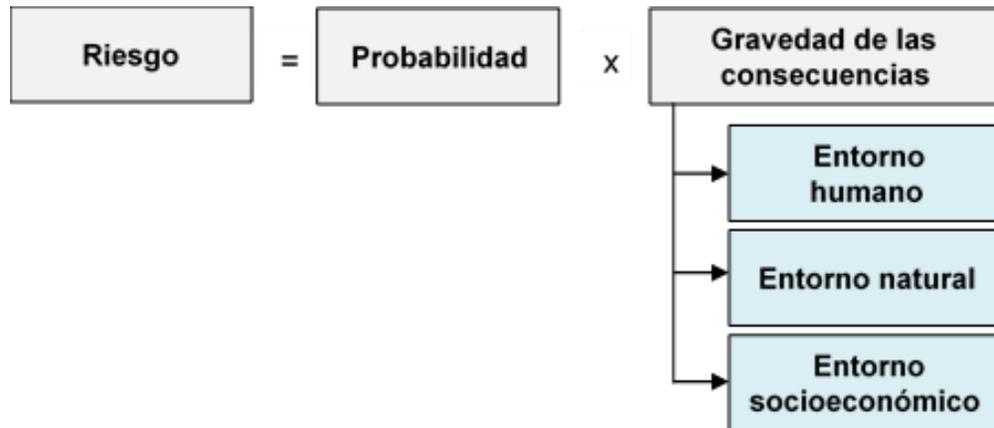
Para estimar el riesgo ambiental, se aplicará la fórmula recomendada en la Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM:

$$\textit{Probabilidad} \times \textit{Gravedad}$$

Donde la gravedad se evalúa para cada escenario de riesgo, tal como se muestra en la figura 20.

**Figura 20**

*Estimación del riesgo ambiental*



Nota: Datos tomados de la Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM.  
 Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales. Fuente: MINAM (2010)

Los resultados obtenidos se comparan con la matriz de doble entrada según la escala de significación de riesgo en leve, moderado y significativo, como el de la Figura 21.

**Figura 21**

*Evaluación del riesgo ambiental*

		Gravedad de las consecuencias				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2	<b>E1</b>				
	3					
	4			<b>E2</b>		
	5					

	Riesgo significativo: 16 - 25
	Riesgo moderado: 6 - 15
	Riesgo leve: 1 - 5

Nota: Datos tomados de la Guía de evaluación de riesgos ambientales del MINAM.  
 Fuente: MINAM (2010)

Finalmente, en la última etapa, se debe de caracterizar el riesgo ambiental debido a que éste se efectúa en base al promedio de los tres entornos: humano, natural y socioeconómico, se determinará el riesgo ambiental siendo riesgo leve, moderado o significativo.

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Se define a la población como el conjunto de todos los elementos que concuerdan con determinadas especificaciones donde se desarrolla el trabajo de investigación (Hernández y Mendoza, 2018). La población, en el presente estudio, la constituyen la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha. Los criterios de inclusión son: el agua superficial de la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha afectadas por el drenaje ácido de mina, debido a que se encuentra cercana a los 64 pasivos ambientales mineros. Las unidades que conforman la población son:

- Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de los resultados de monitoreo ambiental de la calidad del agua entre los años 2018 al 2021.
- La población total de la provincia de Sihuas que se encuentran en la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha.

#### **4.3.2. Muestra**

Un subgrupo de la población, es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández y Mendoza, 2018). Para el presente estudio, la muestra es no probabilística, se seleccionaron considerando las zonas donde existen los puntos de monitoreo previamente establecidos por el ALA Pomabamba en la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha. Los cuales son: Punto de monitoreo RPasa2 en el centro poblado de Pasacancha, Distrito de Cashapampa, región de Sihuas; Punto de monitoreo RPasa1 y RSihu3, cercanos al distrito de Sihuas y cuyas aguas son afectadas por el río Pasacancha.

La muestra para la presente investigación, teniendo en cuenta los criterios de inclusión son:

- Cantidad de población que es afectada por el drenaje ácido de mina por los PAM para el consumo directo, bebida de animales o riego de vegetales.
- Los parámetros fisicoquímicos que serán parte del estudio son Potencial de hidrógeno (pH) y sulfatos; mientras que, los parámetros inorgánicos son: Aluminio, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc.

#### **4.4. Lugar de estudio**

El estudio se realizó en la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha teniendo como coordenadas: vértice superior izquierda (9054490N, 206712E), vértice superior derecha (9054490N, 214005E), vértice inferior izquierda (9047644N, 206712E) y vértice inferior derecha (9047644N, 214005E); en un área de 3176 Ha.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

##### **a) Para la recopilación de la información:**

La técnica que se ha utilizado para la recopilación de la información es la revisión de fuente documentaria:

Respecto a la identificación de PAM:

- Se utilizó el inventario de pasivos ambientales mineros del Ministerio de Energía y Minas del año 2021.

Respecto a la probabilidad de ocurrencia

- Se ha realizado una visita de campo mediante el método observacional para verificar si hay presencia de drenaje o no, así como también los datos del pronóstico del tiempo del SENAMHI para conocer la frecuencia de lluvias en el centro poblado de Pasacancha, distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas.

Respecto a la gravedad de las consecuencias:

- Para la cantidad (C), calidad del medio (CM) y patrimonio y capital productivo (PCP) se utilizaron los resultados del monitoreo del agua del río Sihuas emitidos por la Autoridad Local del Agua (ALA) de los años 2016 al 2021 y los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, aprobada por D.S N° 004- 2017-MINAM.
- Para la peligrosidad (P), se ha utilizado la revisión bibliográfica sobre las distintas propiedades intrínsecas que presentan los parámetros físico químicos e inorgánicos para causar daño en el agua superficial.
- Para la extensión (E), se ha utilizado las coordenadas de ubicación de cada uno de los pasivos ambientales mineros (PAM) que se encuentran en el inventario de pasivos ambientales mineros del Ministerio de Energía y Minas del año 2021 y las coordenadas de la capital del distrito de Sihuas del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Según INEI (2012), para la población (Pob) de Sihuas y Cashapampa se utilizaron los datos del Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de vivienda y III de Comunidades indígenas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la tasa de crecimiento promedio anual del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

**b) Para la elaboración cartográfica:**

Para la elaboración cartográfica se usó la revisión documental y la aplicación del software ArcGIS, los mapas elaborados fueron:

- Mapa 01 Mapa de ubicación del área de estudio a una escala de 1:125 000.
- Mapa 02 Mapa de ubicación de los pasivos ambientales mineros en la parte baja del río Sihuas a una escala de 1:12 500.
- Mapa 03 Mapa de puntos de monitoreo de la calidad del agua a una escala de 1:50 000.
- Mapa 04: Mapa de área de afectación a una escala de 1:75 000.

- Mapa 05: Mapa de distancia de los pasivos ambientales hasta el distrito de Sihuas a una escala de 1:15000

**c) Para el análisis de datos:**

Se realizó las siguientes actividades para el análisis de datos:

- **Técnica de análisis documental:**
  - Se utilizó los informes de monitoreos ambientales emitidos por el ALA Pomabamba del 2016 al 2021 para obtener un promedio por cada parámetro fisicoquímico e inorgánico.
  - Se realizó una proyección de la población por cada año hasta el 2022 tomando como referencia la tasa de crecimiento promedio anual de la provincia de Sihuas con la población censada en el año 2017.
  - Se calculó la extensión en kilómetros (Km) mediante el promedio de la diferencia de coordenadas de la capital del distrito de Sihuas y de todos los pasivos ambientales mineros.
  - Se calculó la peligrosidad, teniendo en cuenta en la revisión bibliográfica, si los parámetros físico químicos e inorgánicos tienen propiedades de toxicidad, inflamabilidad, corrosividad o si los daños son leves, reversibles, irreversibles o inmediatos.
- **Guía de evaluación de riesgos ambientales:** Se utilizó la metodología de evaluación de riesgos ambientales para determinar el nivel de riesgo ambiental por cada punto de monitoreo (RSihu3, RPasa1 y RPasa2) analizado.
- **Técnica de análisis observacional:** Se utilizó los sentidos de la vista para la toma de datos de la presencia de drenaje o no generado por los pasivos ambientales mineros en la parte baja del río Sihuas.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis de los datos de los límites de extensión y la vulnerabilidad del entorno para obtener el nivel de riesgo ambiental en los tres puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2, se procesaron a través de las hojas de cálculo del software Microsoft Excel. El análisis estadístico de la prueba *t* de Student a través del software SPSS V26 permitió determinar la validez o no de las hipótesis del presente trabajo de investigación.

##### 4.6.1. Identificación de peligros

Los peligros identificados es la presencia de los pasivos ambientales mineros en el área de estudio, que generan riesgo en el entorno humano, natural y socioeconómico. En la tabla 33 se muestran la identificación de peligros en los entornos.

**Tabla 33**

*Identificación de peligros en los entornos*

Factor	Humano	Natural	Socioeconómico	
Antrópico	<b>Causas</b>	<p>Generación de aguas ácidas: Disminución del parámetro potencial de hidrogeno (pH) del agua superficial por exceder los estándares de calidad ambiental.</p> <p>Generación de drenaje: Disminución de la calidad del agua superficial por exceder los estándares de calidad ambiental.</p>	<p>Generación de efluentes: Disminución del parámetro potencial de hidrogeno (pH) del agua superficial por exceder los estándares de calidad ambiental.</p> <p>Generación de drenaje: Disminución de la calidad del agua superficial por exceder los estándares de calidad ambiental.</p>	<p>Consumo del agua superficial contaminada por PAM para actividades agrícolas y ganaderas</p>
	<b>Efecto</b>	<p>Deterioro de la salud de los pobladores de Sihuas</p> <p>Incremento de los costos en tratamientos médicos</p> <p>Incremento de tasas de hipertiroidismo por ingestión de litio</p>	<p>Perdida de la biodiversidad acuática como, por ejemplo: truchas</p> <p>Perdida de la calidad del agua para consumo humano directo, bebida de animales o riesgo de vegetales.</p> <p>Deterioro ambiental</p>	<p>Bajos ingresos económicos por la disminución de la producción ganadera y agrícola</p>

Nota: La presente tabla muestra la identificación de peligros en el entorno humano, natural y socioeconómico.

#### 4.6.2. Definición del suceso indicador

La cuantificación de las variables de análisis que nos servirá para evaluar el riesgo ambiental en el entorno humano, natural y socioeconómico, se muestran en la tabla 34.

**Tabla 34**

*Análisis del entorno humano, natural y socioeconómico*

Elemento de riesgo	Suceso indicador / Parámetro de evaluación	Fuente de información
<b>Análisis del entorno humano</b>		
<b>Exposición potencial de agua:</b> Contaminación superficial	Potencial de hidrógeno, Sulfatos, Aluminio, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc	Monitoreo ambiental de la calidad del agua del ALA POMABAMBA efectuado por ALS LS PERU S.A.C. entre los años 2018 al 2021.
<b>Análisis del entorno natural</b>		
<b>Exposición potencial de agua:</b> Contaminación superficial	Potencial de hidrógeno, Sulfatos, Aluminio, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc	Monitoreo ambiental de la calidad del agua del ALA POMABAMBA efectuado por ALS LS PERU S.A.C. entre los años 2018 al 2021.
<b>Análisis del entorno socioeconómico</b>		
<b>Exposición potencial de agua:</b> Contaminación superficial	Cambio de uso y variabilidad del medio	Monitoreo ambiental de la calidad del agua del ALA POMABAMBA efectuado por ALS LS PERU S.A.C. entre los años 2018 al 2021.

Nota: La presente tabla muestra el análisis del suceso indicador del entorno humano, natural y socioeconómico.

#### 4.6.3. Formulación de escenarios

Luego de la de identificación de todos los peligros potenciales ocasionados por los pasivos ambientales mineros en el área de estudio, se procede a la formulación de escenarios de los riesgos, que permitirá determinar la probabilidad de

materialización y la gravedad de las consecuencias en los entornos humano (Ver tabla 35), natural (Ver tabla 36) y socioeconómico (Ver tabla 37).

**Tabla 35**

*Formulación de escenario en el entorno humano*

Tipología del peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad	
Ubicación de la zona	Natural Antrópico						
Parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha		X	Potencial de hidrógeno	Generación de Aguas ácidas	Pasivo ambiental minero	Irritación en órganos internos / ulceración	5
		X	Sulfatos	Generación de Aguas ácidas	Pasivo ambiental minero	Efectos gastrointestinales	5
		X	Aluminio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Enfermedades renales y problemas sistema nervioso	5
		X	Cadmio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Anemia, insuficiencia renal, osteoporosis, trastornos respiratorios, cáncer	5
		X	Cobre	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Necrosis hepática, anemia, insuficiencia cardíaca	5
		X	Hierro	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Enfermedades del sistema nervioso y capacidad de orientación.	5
		X	Manganeso	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Hemocromatosis	5
		X	Mercurio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Hipertrofia de tiroides, Taquicardia, daños neurológicos	5
		X	Níquel	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Cáncer de pulmón y de cáncer nasal	5
		X	Plomo	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Enfermedades cardiovasculares	5
	X	Zinc	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Daño pancreático, arterioesclerosis	5	

Nota: La presente tabla muestra la formulación de escenarios en el entorno humano originados por el peligro antrópico de pasivos ambientales mineros.

**Tabla 36***Formulación de escenario en el entorno natural*

Tipología del peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad	
Ubicación de la zona	Natural						Antrópico
Parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha		X	Potencial de hidrógeno	Generación de Aguas ácidas	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Sulfatos	Generación de Aguas ácidas	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Aluminio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Cadmio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Cobre	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Hierro	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Manganeso	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Mercurio	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Níquel	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
		X	Plomo	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5
	X	Zinc	Generación de drenaje	Pasivo ambiental minero	Contaminación del agua superficial	5	

Nota: La presente tabla muestra la formulación de escenarios en el entorno natural originados por el peligro antrópico de pasivos ambientales mineros.

**Tabla 37***Formulación de escenario en el entorno socioeconómico*

Tipología del peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Probabilidad
Ubicación de la zona	Natural Antrópico					
Parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha	X	Contaminantes en el agua superficial	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Pasivo ambiental minero	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5
	X	Contaminantes en el agua superficial	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Pasivo ambiental minero	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5
	X	Contaminantes en el agua superficial	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Pasivo ambiental minero	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5

Nota: La presente tabla muestra la formulación de escenarios en el entorno socioeconómicos originados por el peligro antrópico de pasivos ambientales mineros.

#### 4.6.4. Estimación de la probabilidad

La estimación de probabilidad se ha obtenido del promedio de la valoración de cada uno de los pasivos ambientales mineros, este valor es obtenido según lo indicado en la tabla 26. El INGEMMET (2020) señala que teniendo en cuenta que la ubicación de los PAM es en el centro poblado de Pasacancha del distrito de Cashapampa, este centro poblado presenta lluvias estacionales (diciembre a marzo), además de la visita en campo se pudo observar si presentan o no drenaje, se pudo analizar cada pasivo ambiental según los criterios indicados en la tabla 38.

**Tabla 38***Criterios de determinación de la frecuencia de drenaje*

<b>Tipo de drenaje</b>	<b>Probabilidad de la ocurrencia</b>
Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana
Drenaje intermitente provocado por lluvias no estacionarias	Mayor una vez a la semana y menor una vez al mes
Drenaje provocado por lluvias estacionarias	Mayor una vez al mes y menor una vez al año
Drenaje probable por infiltración o arrastre	Mayor una vez al año y menor una vez cada 5 años
Drenaje posible por escorrentía	Mayor una vez cada 5 años

Nota: La presente tabla muestra los criterios de determinación de la frecuencia de drenaje para analizar cada pasivo ambiental minero en el área de estudio.

La frecuencia de drenaje de cada uno de los pasivos ambientales mineros se encuentra detallado en el anexo 4. Para determinar el nivel de riesgo ambiental, se ha obtenido el promedio de la probabilidad de ocurrencia de drenaje de todos los pasivos ambientales mineros, tal como se muestra en la tabla 39, siendo el resultado aproximado obtenido de 5, el cual es categorizado como "Muy probable".

**Tabla 39***Determinación de la probabilidad*

<b>Descripción</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Valor cualitativo</b>	<b>Valor cuantitativo aproximado</b>
Promedio de probabilidad de los pasivos ambientales mineros en el área de estudio	4,52	Muy probable	5

Nota: La presente tabla muestra la determinación de la probabilidad promedio de los pasivos ambientales mineros en el área de estudio.

#### **4.6.5. Estimación de la gravedad de las consecuencias**

La estimación de la gravedad de las consecuencias se realizó de manera independiente por cada entorno humano, natural y socioeconómico.

## 1) Estimación de la gravedad para el entorno humano

La estimación de la gravedad para el entorno humano se desarrolla según la siguiente fórmula:

$$\text{Entorno humano} = C + 2P + E_h + Pobl$$

### a) Factor cantidad (C)

Se hace referencia al grado de concentración de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en promedio de los años 2018 al 2021 por cada uno de los parámetros de cada punto de monitoreo RSih3 (Ver tabla 40), RPasa1 (Ver tabla 41) y RPasa2 (Ver tabla 42). La valoración por cada punto de monitoreo se encuentra detallada en la tabla 27.

**Tabla 40**

*Factor cantidad para RSih3*

Parámetro	2018	2019	2020	2021	Promedio	Significancia	Valor
Potencial de hidrógeno (pH)	8.26	7.9	7.7	8.075	7.98375	Muy poca	2
Sulfatos (mg/L)	74.22	74.44	66.61	72.39	71.915	Alta	3
Aluminio (mg/L)	7.693	2.104	0.725	0.512	2.7585	Poca	1
Cadmio (mg/L)	0.00087	0.00093	< 0.0001	< 0.0001	0.0009	Poca	1
Cobre (mg/L)	0.01367	0.0072	0.0101	0.005	0.0089925	Poca	1
Hierro (mg/L)	9.359	4.22	2.096	1.03	4.17625	Poca	1
Manganeso (mg/L)	0.44004	0.2154	0.2247	0.1284	0.252135	Poca	1
Mercurio (mg/L)	< 0.00003	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.00005	Poca	1
Níquel (mg/L)	0.0155	0.0161	0.004	0.0025	0.009525	Poca	1
Plomo (mg/L)	0.014	0.0047	0.0034	0.0028	0.006225	Poca	1
Zinc (mg/L)	0.122	0.089	0.083	0.105	0.09975	Poca	1

Nota: La presente tabla muestra el factor cantidad para RSih3 por cada parámetro fisicoquímico e inorgánico.

**Tabla 41***Factor cantidad para RPasa1*

<b>Parámetro</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Promedio</b>	<b>Significancia</b>	<b>Valor</b>
Potencial de hidrógeno (pH)	4,97	7,4	6,1	6,643	6.28	Muy poca	2
Sulfatos (mg/L)	211,6	219,2	304,2	236,7	242.93	Alta	3
Aluminio (mg/L)	9,094	3,625	6,256	4,388	5.84	Muy poca	2
Cadmio (mg/L)	0,01955	0,0908	0,01999	0,01735	0.04	Poca	1
Cobre (mg/L)	0,20528	0,1106	0,3145	0,1722	0.20	Poca	1
Hierro (mg/L)	12,82	2,271	0,742	0,781	4.15	Poca	1
Manganeso (mg/L)	1,491	1,002	1,284	1,092	1.22	Poca	1
Mercurio (mg/L)	<0,00003	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	Poca	1
Níquel (mg/L)	0,0336	0,0189	0,022	0,0182	0.02	Poca	1
Plomo (mg/L)	0.1033	0,0102	0,0514	0,0211	0.05	Poca	1
Zinc (mg/L)	6,02	2,884	6,142	4,878	4.98	Poca	1

Nota: La presente tabla muestra el factor cantidad para RPasa1 por cada parámetro fisicoquímico e inorgánico.

**Tabla 42***Factor cantidad para RPasa2*

<b>Parámetro</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Promedio</b>	<b>Significancia</b>	<b>Valor</b>
Potencial de hidrógeno (pH)	4.97	3.6	3.3	8.455	5.08125	Poca	1
Sulfatos (mg/L)	211.6	118.9	187.4	150.7	167.15	Alta	3
Aluminio (mg/L)	5.926	3.992	7.526	5.228	5.668	Muy poca	2
Cadmio (mg/L)	0.02339	0.01618	0.02727	0.02879	0.0239075	Poca	1
Cobre (mg/L)	0.40581	0.2898	0.5267	0.3321	0.3886025	Poca	1
Hierro (mg/L)	11.87	8.981	28.86	12.12	15.45775	Muy poca	2
Manganeso (mg/L)	0.9384	0.6206	1.185	0.8578	0.90045	Poca	1
Mercurio (mg/L)	<0.00003	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	Poca	1
Níquel (mg/L)	0.0216	0.0155	0.0261	0.0189	0.020525	Poca	1
Plomo (mg/L)	0.0164	0.0144	0.1154	0.0126	0.0397	Poca	1
Zinc (mg/L)	9.27	5.61	10.36	7.716	8.239	Muy poca	2

Nota: La presente tabla muestra el factor cantidad para RPasa2 por cada parámetro fisicoquímico e inorgánico.

### **b) Factor peligrosidad**

Los valores de peligrosidad que se muestran en la tabla 28, se han obtenido según las características de peligrosidad en el ambiente o en la salud de cada parámetro fisicoquímico e inorgánico según lo indicado en el anexo 12, para luego ser valorado

a través de la tabla 43.

**Tabla 43**

*Factor de peligrosidad de los PAM en Sihuas*

Parámetro	Escenario de riesgo	Peligrosidad	Puntaje
Potencial de hidrógeno (pH)	Generación de aguas ácidas	Daño leve y reversible	1
Sulfatos (mg/L)	Generación de aguas ácidas	Corrosivo	1
Aluminio (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Cadmio (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Cobre (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Hierro (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Manganeso (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Mercurio (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Níquel (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Plomo (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4
Zinc (mg/L)	Generación de drenajes	Daño irreversible	4

Nota: La presente tabla muestra el factor peligrosidad por cada parámetro fisicoquímico e inorgánico.

### **c) Extensión**

La estimación de la extensión se ha obtenido del promedio de la valoración de la distancia entre cada uno de los pasivos ambientales mineros hacia el distrito de Sihuas, este valor es obtenido según lo indicado en la tabla 29. Los resultados de la probabilidad por cada uno de los pasivos se muestran en el anexo 5. La extensión promedio para evaluar el riesgo ambiental se muestra en la tabla 44, siendo un valor

cuantitativo aproximado de 4, categorizado como Muy extenso.

**Tabla 44**

*Factor de extensión en Sihuas*

Descripción	Valor promedio	Valor cualitativo	Valor cuantitativo aproximado
Promedio de la extensión de los pasivos ambientales mineros en el área de estudio	4	Muy extenso	4

Nota: La presente tabla muestra la determinación de la extensión promedio de los pasivos ambientales mineros en el área de estudio.

#### **d) Población**

Se obtiene del número de personas que se encuentran en riesgo en los distritos del área de estudio, siendo estos, Sihuas y Cashapampa, para valorizarlo se utilizó la tabla 30. El INEI (2012), señala que los datos de la cantidad de personas en el distrito de Sihuas y Cashapampa se obtuvo del Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de vivienda y III de Comunidades indígenas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y IV Censo Nacional Agropecuario 2012, posteriormente se hizo una proyección teniendo en cuenta la tasa de crecimiento de -1,3% (INEI, 2018 pág. 25) para los años del 2018 al 2022, por lo que el valor obtenido promedio es de 4 indicando un valor muy alto. Los mapas de afectación en el distrito de Sihuas y Cashapampa se encuentran en los anexos 14, 15, 16 y 17.

**Tabla 45**

*Factor de población en Sihuas y Cashapampa*

CANTIDAD DE PERSONAS	2017	2018	2019	2020	2021	Proy 2022	Valor
Sihuas / Cashapampa	373	349	327	307	287	269	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la población de Sihuas y Cashapampa en el área de estudio.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para determinar la gravedad de las consecuencias para el entorno humano, se ha definido según la fórmula descritas líneas arriba, la valoración de la gravedad de las consecuencias en las tablas 46, 47 y 48 para los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2, respectivamente.

**Tabla 46**

*Gravedad del entorno humano RSihu3*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población	Gravedad	Valor
<b>Entorno humano</b>							
1	Potencial de hidrógeno	2	1	4	4	12	3
2	Sulfatos	3	1	4	4	13	3
3	Aluminio	1	4	4	4	17	4
4	Cadmio	1	4	4	4	17	4
5	Cobre	1	4	4	4	17	4
6	Hierro	1	4	4	4	17	4
7	Manganeso	1	4	4	4	17	4
8	Mercurio	1	4	4	4	17	4
9	Níquel	1	4	4	4	17	4
10	Plomo	1	4	4	4	17	4
11	Zinc	1	4	4	4	17	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno humano en RSihu3.

**Tabla 47***Gravedad del entorno humano RPasa1*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población	Gravedad	Valor
<b>Entorno humano</b>							
1	Potencial de hidrógeno	2	1	4	4	12	3
2	Sulfatos	3	1	4	4	13	3
3	Aluminio	2	4	4	4	18	5
4	Cadmio	1	4	4	4	17	4
5	Cobre	1	4	4	4	17	4
6	Hierro	1	4	4	4	17	4
7	Manganeso	1	4	4	4	17	4
8	Mercurio	1	4	4	4	17	4
9	Níquel	1	4	4	4	17	4
10	Plomo	1	4	4	4	17	4
11	Zinc	1	4	4	4	17	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno humano en RPasa1.

**Tabla 48***Gravedad del entorno humano RPasa2*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población	Gravedad	Valor
<b>Entorno humano</b>							
1	Potencial de hidrógeno	1	1	4	4	11	3
2	Sulfatos	3	1	4	4	13	3
3	Aluminio	2	4	4	4	18	5
4	Cadmio	1	4	4	4	17	4
5	Cobre	1	4	4	4	17	4
6	Hierro	2	4	4	4	18	5
7	Manganeso	1	4	4	4	17	4
8	Mercurio	1	4	4	4	17	4
9	Níquel	1	4	4	4	17	4
10	Plomo	1	4	4	4	17	4
11	Zinc	2	4	4	4	18	5

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno humano en RPasa2.

## 2) Estimación de la gravedad para el entorno natural

La estimación de la gravedad de las consecuencias para el entorno natural se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$\textit{Entorno natural} = C + 2P + En + CM$$

Los valores de los factores de cantidad, peligrosidad y extensión para el entorno natural son los mismos del humano. La vulnerabilidad en el entorno natural se obtiene del resultado de la valorización de la calidad del medio (Ver tabla 31). Los resultados de la calidad del medio (CM) se muestran en las tablas 49, 50 y 51 para RSihu3, RPasa1 y RPasa2, considerando la variación del promedio del 2018 al 2021 de los resultados respecto al ECA Agua Categoría 3. Los rangos de variación y su ponderación es el siguiente: Daño leve ( $\Delta$  0%), daño moderado (mayor a  $\Delta$  0% pero menor o igual a  $\Delta$  33,33%), daño alto (mayor que  $\Delta$  33,33% pero menor o igual a  $\Delta$  66,67% y será muy alto (si es mayor de  $\Delta$  66,67%).

**Tabla 49**

*Factor de Calidad del medio para RSihu3*

Parámetro	Promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	Variación	Tipo de daño	Valor	Valor del CM
Potencial de hidrógeno (pH)	7.98375	6,5 - 8,5	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Sulfatos (mg/L)	71.915	1000	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Aluminio (mg/L)	2.7585	5	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Cadmio (mg/L)	0.0009	0.01	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Cobre (mg/L)	0.0089925	0.2	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Hierro (mg/L)	4.17625	5	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Manganeso (mg/L)	0.252135	0.2	$\Delta$ 26,07%	Daño moderado	Media	2
Mercurio (mg/L)	< 0.00005	0.001	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Níquel (mg/L)	0.009525	0.2	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Plomo (mg/L)	0.006225	0.05	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1
Zinc (mg/L)	0.09975	2	$\Delta$ 0%	Daño leve	Baja	1

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la calidad del medio (CM) en RSihu3.

**Tabla 50***Factor de Calidad del medio para RPasa1*

Parámetro	Promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	Variación	Tipo de daño	Valor	Valor del CM
Potencial de hidrógeno (pH)	6.28	6,5 - 8,5	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Sulfatos (mg/L)	242.93	1000	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Aluminio (mg/L)	5.84	5	Δ 16.8%	Daño moderado	Medio	2
Cadmio (mg/L)	0.04	0.01	Δ 300%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Cobre (mg/L)	0.20	0.2	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Hierro (mg/L)	4.15	5	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Manganeso (mg/L)	1.22	0.2	Δ 510%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Mercurio (mg/L)	<0,00005	0.001	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Níquel (mg/L)	0.02	0.2	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Plomo (mg/L)	0.05	0.05	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Zinc (mg/L)	4.98	2	Δ 149%	Daño muy alto	Muy Elevada	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la calidad del medio (CM) en RPasa1.

**Tabla 51***Factor de Calidad del medio para RPasa2*

Parámetro	Promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	Variación	Tipo de daño	Valor	Valor del CM
Potencial de hidrógeno (pH)	5.08125	6,5 - 8,5	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Sulfatos (mg/L)	167.15	1000	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Aluminio (mg/L)	5.668	5	Δ 13.36%	Daño moderado	Medio	2
Cadmio (mg/L)	0.0239075	0.01	Δ 139.07%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Cobre (mg/L)	0.3886025	0.2	Δ 94.30%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Hierro (mg/L)	15.45775	5	Δ 209.15%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Manganeso (mg/L)	0.90045	0.2	Δ 350.22%	Daño muy alto	Muy elevada	4
Mercurio (mg/L)	<0.00005	0.001	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Níquel (mg/L)	0.020525	0.2	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Plomo (mg/L)	0.0397	0.05	Δ 0%	Daño leve	Baja	1
Zinc (mg/L)	8.239	2	Δ 311.95%	Daño muy alto	Muy elevada	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la calidad del medio (CM) en RPasa2.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para determinar la gravedad de las consecuencias para el entorno natural, se ha definido según la formula descritas líneas arriba, la valoración de la gravedad de las consecuencias en las tablas 52, 53 y 54 para los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2, respectivamente.

**Tabla 52***Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RSihu3*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor
<b>Entorno Natural</b>							
1	Potencial de hidrógeno	2	1	4	1	9	2
2	Sulfatos	3	1	4	1	10	2
3	Aluminio	1	4	4	1	14	3
4	Cadmio	1	4	4	1	14	3
5	Cobre	1	4	4	1	14	3
6	Hierro	1	4	4	1	14	3
7	Manganeso	1	4	4	2	15	4
8	Mercurio	1	4	4	1	14	3
9	Níquel	1	4	4	1	14	3
10	Plomo	1	4	4	1	14	3
11	Zinc	1	4	4	1	14	3

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno natural en RSihu3.

**Tabla 53***Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RPasa1*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor
<b>Entorno Natural</b>							
1	Potencial de hidrógeno	2	1	4	1	9	2
2	Sulfatos	3	1	4	1	10	2
3	Aluminio	2	4	4	2	16	4
4	Cadmio	1	4	4	4	17	4
5	Cobre	1	4	4	1	14	3
6	Hierro	1	4	4	1	14	3
7	Manganeso	1	4	4	4	17	4
8	Mercurio	1	4	4	1	14	3
9	Níquel	1	4	4	1	14	3
10	Plomo	1	4	4	1	14	3
11	Zinc	1	4	4	4	17	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno natural en RPasa1.

**Tabla 54***Gravedad de las consecuencias en el entorno natural RPasa2*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Valor
<b>Entorno Natural</b>							
1	Potencial de hidrógeno	1	1	4	1	8	2
2	Sulfatos	3	1	4	1	10	2
3	Aluminio	2	4	4	2	16	4
4	Cadmio	1	4	4	4	17	4
5	Cobre	1	4	4	4	17	4
6	Hierro	2	4	4	4	18	5
7	Manganeso	1	4	4	4	17	4
8	Mercurio	1	4	4	1	14	3
9	Níquel	1	4	4	1	14	3
10	Plomo	1	4	4	1	14	3
11	Zinc	2	4	4	4	18	5

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno natural en RPasa2.

### 3) Estimación de la gravedad para el entorno socioeconómico

La estimación de la gravedad de las consecuencias para el entorno socioeconómico se realizar a través de la siguiente formula:

$$\text{Entorno socioeconómico} = C + 2P + Es + PCP$$

Los valores de los factores de cantidad, peligrosidad y extensión para el entorno socioeconómico son los mismos del entorno humano. La vulnerabilidad en el entorno socioeconómico, se obtiene del resultado de la valorización del Patrimonio y Capital Productivo (PCP), como se indica en la tabla 32. Los resultados se muestran en la tabla 55 para RSihu3, RPasa1 y RPasa2, considerando que el porcentaje de la pérdida del cuerpo receptor se obtiene de la división de la cantidad de parámetros que exceden el ECA respecto a todos los parámetros evaluados. La cantidad de parámetros que exceden el ECA se han obtenido de la tabla 49 para RSihu3, de la tabla 50 para RPasa1 y de la tabla 51 para RPasa2 con variación distinta de 0%.

**Tabla 55**

*Factor Patrimonio y Capital Productivo (PCP) en Sihuas*

Punto de monitoreo	Cantidad de parámetros que exceden el ECA	Total de parámetros evaluados	Pérdida del cuerpo receptor (%)	Valor cualitativo	Valor cuantitativo
RSihu3	1	11	9.1%	Bajo	2
RPasa1	4	11	36.4%	Bajo	2
RPasa2	6	11	54.5%	Alto	3

Nota: La presente tabla muestra la valoración del factor patrimonio y capital productivo (PCP) en RSihu3, RPasa1 y RPasa2.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos para determinar la gravedad de las consecuencias para el entorno socioeconómico, se ha definido según la fórmula descrita líneas arriba, la valoración de la gravedad de las consecuencias en las tablas 56, 57 y 58 para los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2, respectivamente.

**Tabla 56***Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RSihu3*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	PCP	Gravedad	Valor
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	4	4	4	2	18	5
2	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	2	17	4
3	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	2	17	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno socioeconómico en RSihu3.

**Tabla 57***Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RPasa1*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	PCP	Gravedad	Valor
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	4	4	4	2	18	5
2	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	2	17	4
3	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	2	17	4

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno socioeconómico en RPasa1.

**Tabla 58***Gravedad de las consecuencias en el entorno socioeconómico RPasa2*

N°	Sustancia o evento	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	PCP	Gravedad	Valor
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	4	4	4	3	19	5
2	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	3	18	5
3	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	3	4	4	3	18	5

Nota: La presente tabla muestra la valoración de la gravedad del entorno socioeconómico en RPasa2.

#### 4.6.6. Estimación del riesgo

La estimación del riesgo ambiental es el producto de la probabilidad por la gravedad de las consecuencias, tal como lo muestra la figura 20. El riesgo ambiental se categoriza según lo indicado en la figura 21. El porcentaje del riesgo ambiental se define según lo indicado en la tabla 59.

**Tabla 59***Porcentaje de riesgo ambiental*

Nivel de riesgo	Valor matricial	Equivalencia porcentual	Promedio	Categoría
Riesgo significativo	16-25	64-100	82	
Riesgo moderado	6-15	24-60	42	
Riesgo leve	1-5	1-20	10,50	

Nota: La presente tabla muestra el porcentaje del riesgo ambiental según el valor matricial o la equivalencia porcentual.

La estimación del riesgo ambiental para el entorno humano de los puntos de monitoreo de RSihu3, RPasa1 y RPasa2, se muestran en las tablas 60, 61 y 62, respectivamente, donde se ha considerado la probabilidad de cada uno de los puntos de monitoreo según lo obtenido en la tabla 39 y la gravedad de las consecuencias de las tablas 46, 47 y 48.

**Tabla 60**

*Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RSihu3*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Humano</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	3	15	42
2			Sulfatos	5	3	15	42
3			Aluminio	5	4	20	82
4			Cadmio	5	4	20	82
5			Cobre	5	4	20	82
6	RSihu3	Humano	Hierro	5	4	20	82
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	4	20	82
9			Níquel	5	4	20	82
10			Plomo	5	4	20	82
11			Zinc	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	74.72

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno humano para RSihu3.

**Tabla 61***Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RPasa1*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Humano</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	3	15	42
2			Sulfatos	5	3	15	42
3			Aluminio	5	5	25	82
4			Cadmio	5	4	20	82
5			Cobre	5	4	20	82
6	RPasa1	Humano	Hierro	5	4	20	82
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	4	20	82
9			Níquel	5	4	20	82
10			Plomo	5	4	20	82
11			Zinc	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	74.7

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno humano para RPasa1.

**Tabla 62***Estimación del riesgo ambiental del entorno humano en el punto RPasa2*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Humano</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	3	15	42
2			Sulfatos	5	3	15	42
3			Aluminio	5	5	25	82
4			Cadmio	5	4	20	82
5			Cobre	5	4	20	82
6	RPasa2	Humano	Hierro	5	5	25	82
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	4	20	82
9			Níquel	5	4	20	82
10			Plomo	5	4	20	82
11			Zinc	5	4	25	82
						<b>Promedio:</b>	76.93

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno humano para RPasa2.

La estimación del riesgo ambiental para el entorno natural de los puntos de monitoreo de RSihu3, RPasa1 y RPasa2, se muestran en las tablas 63, 64 y 65, respectivamente, donde se ha considerado la probabilidad de cada uno de los puntos de monitoreo según lo obtenido en la tabla 39 y la gravedad de las consecuencias de las tablas 52, 53 y 54.

**Tabla 63***Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RSihu3*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Natural</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	2	10	42
2			Sulfatos	5	2	10	42
3			Aluminio	5	3	15	42
4			Cadmio	5	3	15	42
5			Cobre	5	3	15	42
6	RSihu3	Natural	Hierro	5	3	15	42
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	3	15	42
9			Níquel	5	3	15	42
10			Plomo	5	3	15	42
11			Zinc	5	3	15	42
						<b>Promedio:</b>	45.63

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno humano para RSihu3

**Tabla 64***Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RPasa1*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Natural</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	2	10	42
2			Sulfatos	5	2	10	42
3			Aluminio	5	4	20	82
4			Cadmio	5	4	20	82
5			Cobre	5	3	15	42
6	RPasa1	Natural	Hierro	5	3	15	42
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	3	15	42
9			Níquel	5	3	15	42
10			Plomo	5	3	15	42
11			Zinc	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	56,54

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno natural para RPasa1.

**Tabla 65***Estimación del riesgo ambiental del entorno natural en el punto RPasa2*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Natural</b>							
1			Potencial de hidrógeno	5	2	10	42
2			Sulfatos	5	2	10	42
3			Aluminio	5	4	20	82
4			Cadmio	5	4	20	82
5			Cobre	5	4	20	82
6	RPasa2	Natural	Hierro	5	5	25	82
7			Manganeso	5	4	20	82
8			Mercurio	5	3	15	42
9			Níquel	5	3	15	42
10			Plomo	5	3	15	42
11			Zinc	5	5	25	82
						<b>Promedio:</b>	64

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno natural para RPasa2.

La estimación del riesgo ambiental para el entorno socioeconómico de los puntos de monitoreo de RSihu3, RPasa1 y RPasa2, se muestran en las tablas 66, 67 y 68, respectivamente, donde se ha considerado la probabilidad de cada uno de los puntos de monitoreo según lo obtenido en la tabla 39 y la gravedad de las consecuencias de las tablas 56, 57 y 58.

**Tabla 66***Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RSihu3*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1			Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	5	25	82
2	RSihu3	Socioeconómico	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
3			Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	82

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno socioeconómico para RSihu3.

**Tabla 67***Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RPasa1*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1			Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	5	25	82
2	RPasa1	Socioeconómico	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
3			Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	82

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno socioeconómico para RPasa1.

**Tabla 68***Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico en el punto RPasa2*

N°	Punto de Monitoreo	Entorno	Escenario de riesgo	Frecuencia de probabilidad	Gravedad	Riesgo ambiental	Porcentaje de riesgo ambiental
<b>Entorno Socioeconómico</b>							
1			Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	5	25	82
2	RPasa2	Socioeconómico	Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
3			Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	5	4	20	82
						<b>Promedio:</b>	82

Nota: La presente tabla muestra la estimación del riesgo ambiental y el porcentaje de riesgo ambiental promedio del entorno socioeconómico para RPasa2.

#### 4.6.7. Evaluación del riesgo ambiental

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la estimación del riesgo en el entorno humano, natural y socioeconómico, se elaboró gráficos de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias, donde el significado de cada color se encuentra en la tabla 59.

La evaluación del riesgo ambiental para RSihu3 en el entorno humano, natural y socioeconómico se muestran en la figura 22, 23 y 24. Para el entorno humano, el parámetro pH y sulfatos representan un riesgo moderado y los parámetros Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb y Zn representan un riesgo significativo. Para el entorno natural, el pH, sulfato, Al, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn, representa un riesgo moderado y el parámetro Mn es un riesgo significativo. Para el entorno socioeconómico, el escenario de riesgo de bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs, riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs y consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs representa un riesgo significativo.

**Figura 22**

*Riesgo ambiental en el entorno humano RSihu3*

RSihu3		GRAVEDAD EN EL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5			pH, Sulfatos	Cd, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn, Al	

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno humano de RSihu3.

**Figura 23**

*Riesgo ambiental en el entorno natural RSihu3*

RSihu3		GRAVEDAD EN EL ENTORNO NATURAL				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5		pH, Sulfatos	Al, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn	Mn	

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno natural de RSihu3.

**Figura 24**

*Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RSihu3*

RSihu3		GRAVEDAD EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5				Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs / Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno socioeconómico de RSihu3.

La evaluación del riesgo ambiental para RPasa1 en el entorno humano, natural y socioeconómico se muestran en la figura 25, 26 y 27. Para el entorno humano, el parámetro pH y sulfatos representan un riesgo moderado y los parámetros Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb y Zn representan un riesgo significativo. Para el entorno natural, los parámetros pH, Sulfatos, Cu, Fe, Hg, Ni y Pb representa un riesgo moderado y el parámetro Al, Cd, Mn y Zn es un riesgo significativo. Para el entorno socioeconómico, el escenario de riesgo de bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs, riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs y consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs representa un riesgo significativo.

**Figura 25**

*Riesgo ambiental en el entorno humano RPasa1*

RPasa1		GRAVEDAD EN EL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5			pH, sulfatos	Cd, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe	Al

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno humano de RPasa1.

**Figura 26**

*Riesgo ambiental en el entorno natural RPasa1*

RPasa1		GRAVEDAD EN EL ENTORNO NATURAL				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5		pH, Sulfatos	Cu, Fe, Hg, Ni, Pb	Al, Cd, Mn, Zn	

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno natural de RPasa1.

**Figura 27**

*Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RPasa1*

RPasa1		GRAVEDAD EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5				Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs / Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno socioeconómico de RPasa1.

La evaluación del riesgo ambiental para RPasa2 en el entorno humano, natural y socioeconómico se muestran en la figura 28, 29 y 30. Para el entorno humano, el parámetro pH y sulfatos representan un riesgo moderado y los parámetros Al, Cd, Cu, He, Mn, Hg, Ni, Pb y Zn representan un riesgo significativo. Para el entorno natural, el parámetro pH, Sulfatos, Hg, Ni y Pb representa un riesgo moderado y el parámetro Al, Cd, Cu, Fe, Mn y Zn es un riesgo significativo. Para el entorno socioeconómico, el escenario de riesgo de bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs, riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs y consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs representa un riesgo significativo.

**Figura 28**

*Riesgo ambiental en el entorno humano RPasa2*

RPasa1		GRAVEDAD EN EL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5			pH, Sulfatos	Cd, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb	Al, Fe, Zn

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno humano de RPasa2.

**Figura 29**

*Riesgo ambiental en el entorno natural RPasa2*

RPasa1		GRAVEDAD EN EL ENTORNO NATURAL				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5		pH, Sulfatos	Hg, Ni, Pb	Al, Cd, Cu, Mn	Zn, Fe

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno natural de RPasa2.

**Figura 30**

*Riesgo ambiental en el entorno socioeconómico RPasa2*

RPasa2		GRAVEDAD EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5				Bebida de animales con aguas superficiales contaminadas por PAMs / Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales contaminadas por PAMs.	Consumo de aguas superficiales contaminadas por PAMs.

Nota: La presente figura muestra un cuadro de doble entrada de probabilidad y gravedad de las consecuencias para el entorno socioeconómico de RPasa2.

#### **4.6.8. Caracterización del riesgo ambiental**

Se entiende por caracterización del riesgo ambiental al nivel de riesgo ambiental por pasivo ambiental en la calidad del agua del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha. Este valor se obtiene ponderando la equivalencia porcentual por el entorno humano, natural y socioeconómico. El valor de la significancia se obtiene según lo indicado en la tabla 42.

El nivel de riesgo ambiental en el punto de monitoreo RSihu3 se muestra en la tabla 69. El promedio de porcentaje del riesgo ambiental para el entorno humano se obtiene de la tabla 60, el entorno natural, de la tabla 63 y el entorno socioeconómico de la tabla 66. Los valores obtenidos son los siguientes: Para el entorno humano corresponde un valor promedio de 74,72%; para el entorno natural corresponde un valor promedio de 45,63% y; para el entorno socioeconómico corresponde un valor 82%. Finalmente, el promedio de los valores porcentual de cada uno de los entornos es de 68,66% correspondiente a un nivel de riesgo significativo.

**Tabla 69***Riesgo ambiental para RSihu3*

Punto de monitoreo	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo (%)	Significancia
RSihu3	Humano	74,72	82	68.67	<b>Significativo</b>
	Natural	45.63	42		
	Socioeconómico	82	82		

Nota: La presente tabla muestra el riesgo ambiental para RSihu3.

El nivel de riesgo ambiental en el punto de monitoreo RPasa1 se muestra en la tabla 70. El promedio de porcentaje del riesgo ambiental para el entorno humano se obtiene de la tabla 61, el entorno natural, de la tabla 64 y el entorno socioeconómico de la tabla 67. Los valores obtenidos son los siguientes: Para el entorno humano corresponde un valor promedio de 74,7%; para el entorno natural corresponde un valor promedio de 56.54% y; para el entorno socioeconómico corresponde un valor 82%. Finalmente, el promedio de los valores porcentual de cada uno de los entornos es de 68,66% correspondiente a un nivel de riesgo significativo.

**Tabla 70***Riesgo ambiental para RPasa1*

Punto de monitoreo	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo (%)	Significancia
RPasa1	Humano	74,7	82	68.67	<b>Significativo</b>
	Natural	56.54	42		
	Socioeconómico	82	82		

Nota: La presente tabla muestra el riesgo ambiental para RPasa1.

El nivel de riesgo ambiental en el punto de monitoreo RPasa2 se muestra en la tabla 71. El promedio de porcentaje del riesgo ambiental para el entorno humano se obtiene de la tabla 62, el entorno natural, de la tabla 65 y el entorno socioeconómico de la tabla 68. Los valores obtenidos son los siguientes: Para el entorno humano corresponde un valor promedio de 76,93%; para el entorno natural corresponde un valor promedio de 64% y; para el entorno socioeconómico corresponde un valor 82%. Finalmente, el promedio de los valores porcentual de cada uno de los entornos es de 82% correspondiente a un nivel de riesgo significativo.

**Tabla 71**

*Riesgo ambiental para RPasa2*

Punto de monitoreo	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo (%)	Significancia
RPasa2	Humano	76.93	82	82	Significativo
	Natural	64	82		
	Socioeconómico	82	82		

Nota: La presente tabla muestra el riesgo ambiental para RPasa2.

Estos resultados del nivel de riesgo ambiental para los entornos humano, natural y socioeconómico, se encuentran en el anexo 18, 19 y 20, respectivamente.

#### **4.7. Aspectos éticos de la investigación**

La presente investigación se realizó manteniendo los principios y compromisos éticos según los reglamentos vigentes de la Universidad Nacional del Callao. Así mismo, el desarrollo de la investigación se enfoca en teorías que han sido debidamente referenciadas de acuerdo a la norma IEEE, respetando así la propiedad intelectual.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por PAM

Se ha determinado la frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generados por cada uno de los pasivos ambientales mineros, los cuales se pueden ver en el anexo 4. Con esta información, se ha realizado la frecuencia relativa porcentual según los valores obtenidos por cada PAM, tal como se muestra en la tabla 72.

**Tabla 72**

*Frecuencia relativa porcentual del factor probabilidad (P)*

Valor	Valor	frecuencia absoluta (ni)	frecuencia absoluta acumulada (Ni)	frecuencia relativa (f= ni/N)	frecuencia relativa porcentual
Drenaje continuo	Muy probable	52	52	0.8125	81.25%
Drenaje intermitente provocado por lluvias no estacionarias	Altamente probable	2	54	0.03125	3.13%
Drenaje provocado por lluvias estacionarias	Probable	7	61	0.109375	10.93%
Drenaje probable por infiltración o arrastre	Posible	2	63	0.03125	3.13%
Drenaje posible por escorrentía	Poco probable	1	64	0.015625	1.56%

Nota: La tabla muestra la frecuencia relativa porcentual por cada valor que puede tener el factor de probabilidad.

#### 5.1.2. Análisis de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos

La tabla 73 muestra el análisis por cada parámetro físico químico e inorgánico de

RSihu3 comparados con los valores establecidos en el Estándar de Calidad de Agua – categoría 3. El parámetro manganeso es el único que excede el ECA en una variación porcentual de 26.07%.

**Tabla 73**

*Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RSihu3*

Parámetro	Unidad de medida	Valor promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	¿Excede el ECA Agua Cat. 3?
Potencial de hidrógeno	pH	7.98375	6,5 - 8,5	No
Sulfatos	mg/L	71.915	1000	No
Aluminio	mg/L	2.7585	5	No
Cadmio	mg/L	0.0009	0.01	No
Cobre	mg/L	0.0089925	0.2	No
Hierro	mg/L	4.17625	5	No
Manganeso	mg/L	0.252135	0.2	Si
Mercurio	mg/L	< 0.00005	0.001	No
Níquel	mg/L	0.009525	0.2	No
Plomo	mg/L	0.006225	0.05	No
Zinc	mg/L	0.09975	2	No

Nota: La tabla muestra el análisis de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RSihu3 comparados con el ECA Agua Cat.3 para determinar si exceden o no los estándares de calidad ambiental.

La tabla 74 muestra el análisis por cada parámetro físico químico e inorgánico de RPasa1 comparados con los valores establecidos en el Estándar de Calidad de Agua – categoría 3. El parámetro aluminio excede el ECA en una variación porcentual de 16.8%, el cadmio en 300%, el manganeso en 510% y el zinc en 149%.

**Tabla 74***Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa1*

Parámetro	Unidad de medida	Valor promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	¿Excede el ECA Agua Cat. 3?
Potencial de hidrógeno	pH	6.28	6,5 - 8,5	No
Sulfatos	mg/L	242.93	1000	No
Aluminio	mg/L	5.84	5	Si
Cadmio	mg/L	0.04	0.01	Si
Cobre	mg/L	0.20	0.2	No
Hierro	mg/L	4.15	5	No
Manganeso	mg/L	1.22	0.2	Si
Mercurio	mg/L	<0,00005	0.001	No
Níquel	mg/L	0.02	0.2	No
Plomo	mg/L	0.05	0.05	No
Zinc	mg/L	4.98	2	Si

Nota: La tabla muestra el análisis de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa1 comparados con el ECA Agua Cat.3 para determinar si exceden o no los estándares de calidad ambiental.

La tabla 75 muestra el análisis por cada parámetro físico químico e inorgánico de RPasa2 comparados con los valores establecidos en el Estándar de Calidad de Agua – categoría 3. El parámetro aluminio excede el ECA en una variación porcentual de 13.36%, el cadmio en 139.07%, el cobre en 94.30%, el hierro en 209.15%, el manganeso en 350.22% y el zinc en 311.95%.

**Tabla 75***Análisis de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa2*

Parámetro	Unidad de medida	Valor promedio (2018-2021)	ECA Agua Cat. 3	¿Excede el ECA Agua Cat. 3?
Potencial de hidrógeno	pH	5.08125	6,5 - 8,5	No
Sulfatos	mg/L	167.15	1000	No
Aluminio	mg/L	5.668	5	Si
Cadmio	mg/L	0.0239075	0.01	Si
Cobre	mg/L	0.3886025	0.2	Si
Hierro	mg/L	15.45775	5	Si
Manganeso	mg/L	0.90045	0.2	Si
Mercurio	mg/L	<0.00005	0.001	No
Níquel	mg/L	0.020525	0.2	No
Plomo	mg/L	0.0397	0.05	No
Zinc	mg/L	8.239	2	Si

Nota: La tabla muestra el análisis de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en RPasa2 comparados con el ECA Agua Cat.3 para determinar si exceden o no los estándares de calidad ambiental.

### 5.1.3. Significancia de la población afectada por PAM

De los datos obtenidos en el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de vivienda y III de Comunidades indígenas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de Sihuas y Cashapampa, se ha realizado una proyección al 2022, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento población de -1,3%, para aquellos pobladores que se abastecen de agua en la vivienda de: manantial, puquio, río, acequia, lago o laguna, los datos se muestran en la tabla 76.

**Tabla 76**

*Abastecimiento de agua en Sihuas y Pasacancha en manantial, puquio, río, acequia, lago o laguna*

<b>Distrito</b>	<b>Manantial o puquio</b>	<b>Río, acequia, lago, laguna</b>	<b>Cantidad total</b>
Sihuas	4	55	59
Cashapampa	36	13	49
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>68</b>	<b>108</b>

Nota: La tabla muestra la cantidad de pobladores que se abastecen de agua directamente del manantial, puquio, río, acequia, lago o laguna en los distritos de Sihuas y Cashapampa. Fuente: (INEI, 2017)

Teniendo en cuenta, que la principal actividad económica es la agricultura para los distritos de Sihuas y Cashapampa, se ha tomado como referencia los datos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI, 2012), sobre la calidad del agua para riego contaminada con relaves mineros, los cuales se muestran en la tabla 77. Para ello se ha considerado como mínimo que una unidad agropecuaria es afectada a un solo poblador.

**Tabla 77**

*Calidad de agua para riego en Sihuas y Pasacancha*

<b>Distrito</b>	<b>Sihuas</b>	<b>Cashapampa</b>
Número de unidades agropecuarias que usan agua contaminada con relaves mineros para riego	31	234

Nota: La tabla muestra la cantidad de unidades agropecuarias que usan agua contaminada con relaves mineros para riego. Fuente: INEI (2012).

En total, son 108 pobladores afectados por la presencia de los pasivos ambientales mineros en el abastecimiento de agua y 265 en la calidad del agua para riego, los cuales según la Guía de evaluación de riesgo ambiental (MINAM, 2010), la escala de valoración por ser mayor a 100 personas es de 4 que corresponde una categoría de muy alto.

#### **5.1.4. Nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor por PAM**

De los datos obtenidos en la tabla 55, el río Sihuas presenta un porcentaje de pérdida del cuerpo receptor del 9,1% en el punto de monitoreo RSihu3, debido a que su valor es cercano a 10%, se categoriza como crónico con una ponderación de 2. El río Pasacancha presenta un porcentaje de pérdida del cuerpo receptor de 54,54% en el punto de monitoreo RPasa2, debido a que es un valor cercano a 50%, se categoriza como agudo con una ponderación de 3; mientras que para RPasa1, es de 36,4%, se ha categorizado como crónico con una ponderación de 2.

## **5.2. Resultados inferenciales**

### **5.2.1. Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM**

#### **Prueba de hipótesis específica:**

- $H_0$ : No es cierto que la frecuencia de drenaje ácido de minas generado por el pasivo ambiental minero es menor una vez a la semana.
- $H_1$ : La frecuencia de drenaje ácido de minas generado por el pasivo ambiental minero es menor una vez a la semana.

Teniendo en cuenta que los 64 pasivos ambientales corresponden al 100%, se consideró que, si al menos 33 pasivos ambientales son de valor muy probable (menor una vez a la semana), es decir mayor al 51,56%, contribuirá a que el riesgo ambiental sea significativo. Tomando como referencia los datos de la tabla 72, se han sometido a la prueba estadística de distribución  $t$  de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 78

se muestra que el valor de la desviación es de 0,36596.

**Tabla 78**

*Datos de media y desviación para el flujo drenaje ácido de mina de los PAM*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>
<b>Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM</b>	64	0,8438	0,36596

Nota: La tabla muestra la media del flujo de drenaje de los PAM

Como la desviación es diferente de cero, se hallaron los datos para  $t$  de Student y grado de libertad (gl) y el valor de significancia, tal como se muestran en la tabla 79.

**Tabla 79**

*Prueba para una muestra (Probabilidad)*

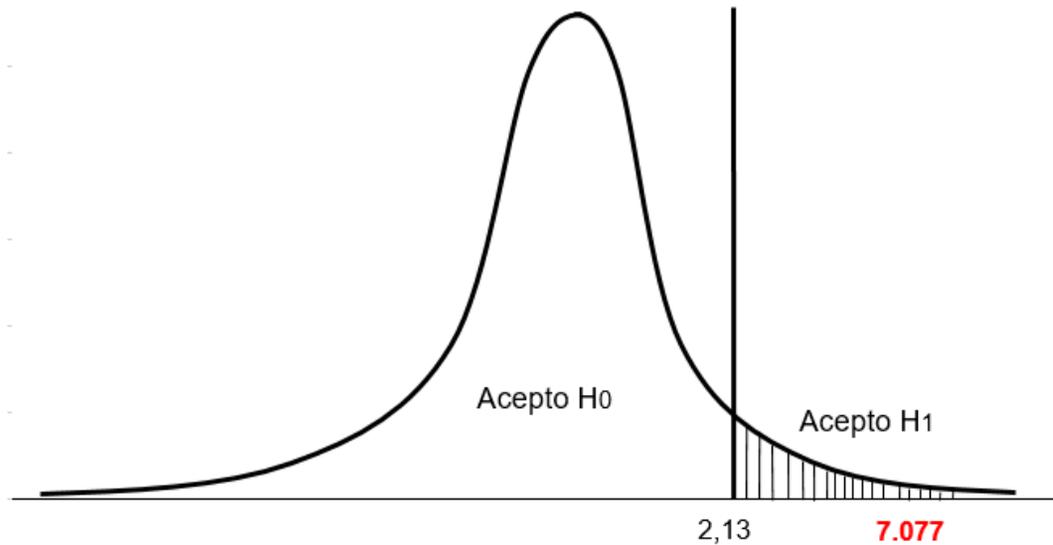
	<b><math>t</math></b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>95% de IC</b>	
					<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
<b>Frecuencia relativa porcentual</b>	7.077	63	0,000	0,32375	0,2323	0,4152

Nota: La tabla muestra los datos de  $t$  de Student, grado de libertad y nivel de significación bilateral para la frecuencia relativa porcentual del factor probabilidad.

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizó el contraste unilateral cola a la derecha con una región de aceptación  $H_1 > 2.13$ , teniendo en cuenta el valor de  $t$  de Student de 7.077, los resultados obtenidos se muestran en la figura 31.

**Figura 31**

*Prueba unilateral cola a la derecha - Probabilidad*



Nota: La presente figura muestra la prueba unilateral cola a la derecha para la hipótesis específica 1: Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM.

El valor de  $t$  de Student de 7,077 se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis  $H_1$ , por lo que se valida la hipótesis alternativa de que la frecuencia de drenaje ácido de minas generado por el pasivo ambiental minero es menor una vez a la semana.

### **5.2.2. Calidad del agua**

#### **Prueba de hipótesis específica:**

- $H_0$ : No es cierto que los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso.
- $H_1$ : Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso.

Teniendo en cuenta, los valores de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2, se compararon con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3. Aquellos que sobrepasaron se categorizaron como significativo (S) y aquellos que no sobrepasaron como no significativo (NS), validándose la hipótesis alternativa, siempre y cuando, todos los parámetros superan el ECA de los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2.

Los datos de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de RSihu3, se encuentran en la tabla 73, de los cuales, vemos que el parámetro manganeso es el único que excede el ECA Agua por lo que se le considera como significativo (S). Para RPasa1, los resultados de la tabla 74 muestran que los parámetros de aluminio, cadmio, manganeso y zinc, superan el ECA, por lo que se le considera como significativo (S). Y finalmente, para RPasa2, los resultados de la tabla 75 muestran que los parámetros de aluminio, cadmio, cobre, hierro, manganeso y zinc sobrepasan el ECA, considerándose como significativo (S).

Debido a que no todos los parámetros superan el ECA, no se valida la hipótesis alternativa de que los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso.

### **5.2.3. Población**

#### **Prueba de hipótesis específica:**

- $H_0$ : No es cierto que el nivel de afectación de la población por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto.
- $H_1$ : El nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto.

Para que el nivel de afectación de la población por pasivos ambientales mineros en Sihuas sea muy alto debe afectar a una población mayor a 100. Teniendo en cuenta,

la población afectada en el distrito de Sihuas y Cashapampa mostrada en la tabla 45, se han sometido a la prueba estadística de distribución  $t$  de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 80 se muestra que el valor de la desviación es de 33,864.

**Tabla 80**

*Datos de media y desviación para el distrito de Sihuas y Cashapampa*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>
<b>Población afectada en el distrito Sihuas y Cashapampa</b>	5	328,6	33,864

Nota: La tabla muestra la media de la población de Sihuas y Cashapampa.

Como la desviación es diferente de cero, se hallaron los datos para  $t$  de Student, grado de libertad (gl) y el valor de significancia, tal como se muestran en la tabla 81.

**Tabla 81**

*Prueba para una muestra (Población)*

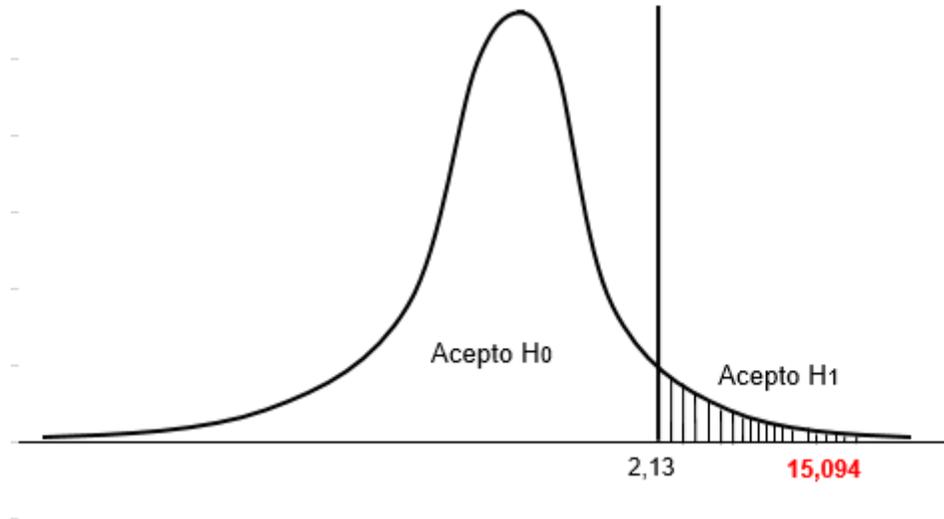
	<b><math>t</math></b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>95% de IC</b>	
					<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
<b>Frecuencia relativa porcentual</b>	15,094	4	0,000	228,60	186,55	270,64

Nota: La tabla muestra los datos de  $t$  de Student, grado de libertad y nivel de significación bilateral para la población de Sihuas

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizó el contraste unilateral cola a la derecha con una región de aceptación  $H_1 > 2.13$ , teniendo en cuenta el valor de  $t$  de Student de 15,094, los resultados obtenidos se muestran en la figura 32.

**Figura 32**

*Prueba unilateral cola a la derecha - Población*



Nota: La presente figura muestra la prueba unilateral cola a la derecha para la hipótesis específica 1: Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM.

El valor de  $t$  de Student de 15,094 se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis  $H_1$ , por lo que se valida la hipótesis alternativa de que el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto.

#### **5.2.4. Cuerpo receptor del patrimonio y capital productivo**

##### **Prueba de Hipótesis específica:**

- $H_0$ : No es cierto que el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto.
- $H_1$ : El nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto.

Teniendo en cuenta que se consideran como nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor como alto, cuando el promedio de la pérdida del cuerpo receptor de los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2 es mayor o igual al 50%. A partir

de los datos mostrados de la pérdida del cuerpo receptor en la tabla 55, se aplicó la prueba estadística  $t$  de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 82 se muestra que el valor de la desviación es de 22,87.

**Tabla 82**

*Datos de media y desviación para el PCP*

	N	Media	Desviación
<b>Porcentaje de pérdida del cuerpo receptor</b>	3	33,33	22,87

Nota: La tabla muestra la media del porcentaje de pérdida del cuerpo receptor.

Como la desviación es diferente de cero, se hallaron los datos para  $t$  de Student y grado de libertad (gl) y el valor de significancia, tal como se muestran en la tabla 83.

**Tabla 83**

*Prueba para una muestra (Factor PCP)*

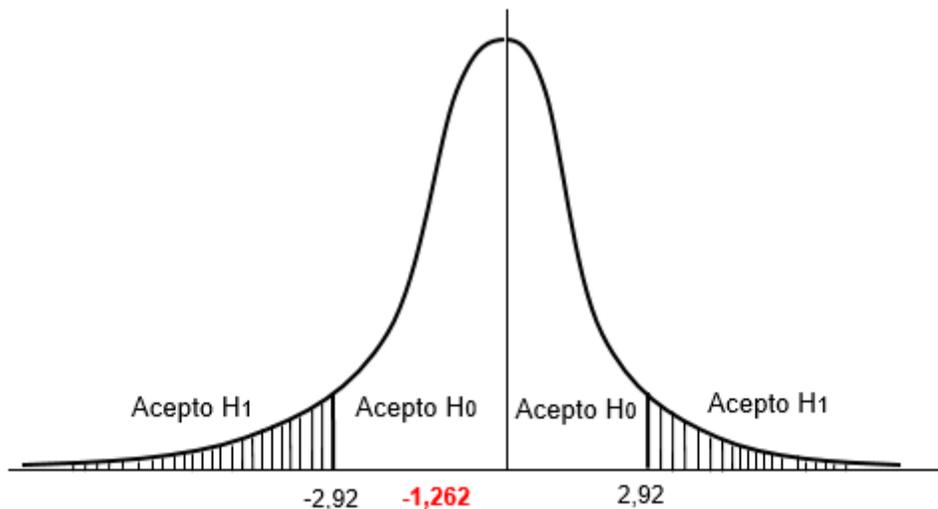
	$t$	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de IC	
					Inferior	Superior
Porcentaje de pérdida del cuerpo receptor	-1,262	2	0,334	-16,667	-73,48	40,14

Nota: La tabla muestra los datos de  $t$  de Student, grado de libertad y nivel de significación bilateral para el factor de porcentaje de pérdida del cuerpo receptor.

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizará el contraste bilateral de dos colas con una región de aceptación  $-2,92 < H_0 < 2,92$ , teniendo en cuenta el valor de  $t$  de Student de -1,262, los resultados se muestran en la figura 33.

**Figura 33**

*Prueba bilateral – Factor PCP*



Nota: La presente figura muestra la prueba bilateral para la hipótesis específica de pérdida del cuerpo receptor.

El valor de t de Student de  $-1,262$  se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis  $H_0$ , por lo que se valida la hipótesis nula de que no es cierto que el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto.

### 5.2.5. Riesgo ambiental

#### A. Prueba de hipótesis general para RSihu3:

- $H_0: u=1$  Los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RSihu3).
- $H_1: u<1$  Los pasivos ambientales mineros no generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RSihu3).

Se ha analizado los promedios porcentuales obtenidos en el punto de monitoreo RSihu3 por cada entorno, considerando que si el riesgo es significativo se le da una

ponderación igual a 1, mientras que, si es considerado moderado o leve, se le da una ponderación igual a 0. Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla 69, se ha procedido a analizar la ponderación que le corresponde, tal como se muestra en la tabla 84.

**Tabla 84**

*Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RSihu3*

Punto de monitoreo	Entorno	Promedio porcentual	Nivel de riesgo	Valor
RSihu3	Humano	82	Significativo	1
	Natural	42	Moderado	0
	Socioeconómico	82	Significativo	1

Nota: La tabla muestra el valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto de monitoreo RSihu3.

Con los datos obtenidos de la tabla 84, se han sometido a la prueba estadística de distribución *t* de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 85 se muestra que el valor de la desviación es de 0,57735.

**Tabla 85**

*Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto RSihu3*

	N	Media	Desviación
Riesgo ambiental en RSihu3	3	0,6667	0,57735

Nota: La tabla muestra la media del riesgo ambiental en RSihu3.

Como la desviación es diferente de cero, se hallaron los datos para *t* de Student y grado de libertad (gl) y el valor de significancia, tal como se muestran en la tabla 86.

**Tabla 86**

*Prueba para una muestra (Riesgo ambiental en RSihu3)*

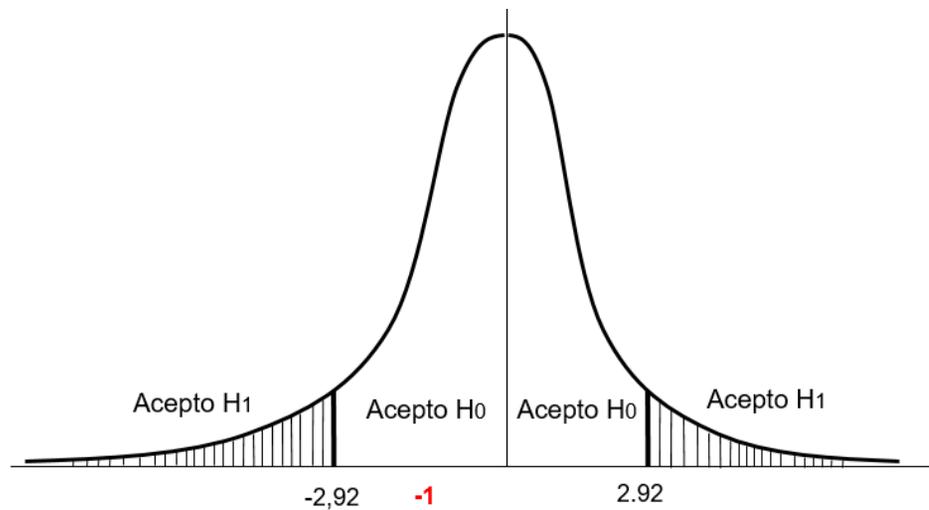
	<i>t</i>	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de IC	
					Inferior	Superior
Riesgo ambiental en RSihu3	-1	2	0,423	-0,33333	-1,7676	1,1009

Nota: La tabla muestra los datos de *t* de Student, grado de libertad y nivel de significación bilateral para el factor de porcentaje de riesgo ambiental en RSihu3

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizará el contraste bilateral o de dos colas con una región de aceptación  $-2,92 < H_0 < 2,92$ , teniendo en cuenta el valor de *t* de Student de -1, los resultados se muestran en la figura 34.

**Figura 34**

*Prueba bilateral – Riesgo ambiental RSihu3*



Nota: La presente figura muestra la prueba bilateral para la hipótesis general de riesgo ambiental en RSihu3.

El valor de *t* de Student de -1 se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis  $H_0$ , por lo que se valida la hipótesis nula de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas.

### B. Prueba de hipótesis general para RPasa1:

- $H_0: u=1$  Los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa1).
- $H_1: u<1$  Los pasivos ambientales mineros no generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa1).

Se ha analizado los promedios porcentuales obtenidos en el punto de monitoreo RPasa1 por cada entorno, considerando que si el riesgo es significativo se le da una ponderación igual a 1, mientras que, si es considerado moderado o leve, se le da una ponderación igual a 0. Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla 70, se ha procedido a analizar la ponderación que le corresponde, tal como se muestra en la tabla 87.

**Tabla 87**

*Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RPasa1*

Punto de monitoreo	Entorno	Promedio porcentual	Nivel de riesgo	Valor
RPasa1	Humano	82	Significativo	1
	Natural	42	Moderado	0
	Socioeconómico	82	Significativo	1

Nota: La tabla muestra el valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto de monitoreo RPasa1.

Con los datos obtenidos de la tabla 87, se han sometido a la prueba estadística de distribución  $t$  de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 88 se muestra que el valor de la desviación es de 0,57735.

**Tabla 88***Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto Rpas1*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>
<b>Riesgo ambiental en RPasa1</b>	3	0,6667	0,57735

Nota: La tabla muestra la media del riesgo ambiental en RPasa1

Como la desviación es diferente de cero, se hallaron los datos para  $t$  de Student y grado de libertad (gl) y el valor de significancia, tal como se muestran en la tabla 89.

**Tabla 89***Prueba para una muestra (Riesgo ambiental en RPasa1)*

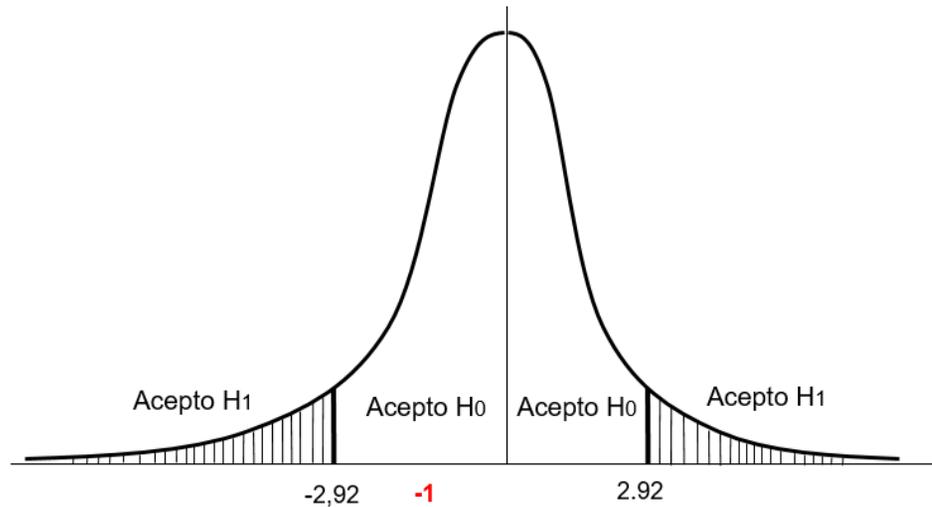
	<b><math>t</math></b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>95% de IC</b>	
					<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Riesgo ambiental en RPasa1	-1	2	0,423	-0,33333	-1,7676	1,1009

Nota: La tabla muestra los datos de  $t$  de Student, grado de libertad y nivel de significación bilateral para el factor de porcentaje de riesgo ambiental en RPasa1

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizará el contraste bilateral o de dos colas con una región de aceptación  $-2,92 < H_0 < 2,92$ , teniendo en cuenta el valor de  $t$  de Student de -1, los resultados se muestran en la figura 35.

**Figura 35**

*Prueba bilateral – Riesgo ambiental RPasa1*



Nota: La presente figura muestra la prueba bilateral para la hipótesis general de riesgo ambiental en RPasa1.

El valor de t de Student de -1 se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis  $H_0$ , por lo que se valida la hipótesis nula de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa1)

**C. Prueba de hipótesis general para RPasa2:**

- $H_0: u=1$  Los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa2).
- $H_1: u<1$  Los pasivos ambientales mineros no generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa2).

Se ha analizado los promedios porcentuales obtenidos en el punto de monitoreo RPasa2 por cada entorno, considerando que si el riesgo es significativo se le da una ponderación igual a 1, mientras que, si es considerado moderado o leve, se le da una ponderación igual a 0. Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla 71, se ha procedido a analizar la ponderación que le corresponde, tal como se muestra

en la tabla 90.

**Tabla 90**

*Valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto RPasa2*

Punto de monitoreo	Entorno	Promedio porcentual	Nivel de riesgo	Valor
RPasa2	Humano	82	Significativo	1
	Natural	82	Significativo	1
	Socioeconómico	82	Significativo	1

Nota: La tabla muestra el valor asignado según significancia del riesgo ambiental en el punto de monitoreo RPasa2.

Con los datos obtenidos de la tabla 90, se han sometido a la prueba estadística de distribución *t* de Student para una media aritmética, siempre y cuando la desviación estándar sea distinta a 0. En la tabla 91 se muestra que el valor de la desviación es de 0, por lo que no se puede hallar la *t* de Student.

**Tabla 91**

*Datos de media y desviación para el riesgo ambiental en el punto RPasa2*

	N	Media	Desviación
Riesgo ambiental en RPasa2	3	1	0

Nota: La tabla muestra la media del riesgo ambiental en RPasa2, asimismo se indica que *t* no se puede calcular porque la desviación estándar es 0.

Debido a que no se podrá calcular el valor *t* de Student, se tendrá que recurrir a un criterio de la estadística descriptiva de la siguiente manera: Si el promedio de los tres entornos es 1 quiere decir que el nivel de riesgo es significativo y si es distinto de 1 es no significativo. Teniendo en cuenta este criterio, los datos se muestran en la tabla 92.

**Tabla 92***Datos del promedio de los entornos en RPasa2*

Punto de monitoreo	Promedio porcentual de los tres entornos	Nivel de riesgo	VALOR	Significancia
RPasa2	82	Significativo	1	S

Nota: La tabla muestra el promedio de los 3 entornos con el **VALOR 1**, que define al Riesgo como significativo.

Para validar la hipótesis nula o alternativa, se utilizará la significancia del promedio porcentual de los tres entornos para RPasa2. De los datos obtenidos en la tabla 92, el promedio porcentual de los tres entornos es 82%, tiene un valor 1, lo que viene a ser igual al valor que se otorga cuando el riesgo es significativo, cumpliéndose así la propuesta de la hipótesis nula  $H_0$  de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas (RPasa2).

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **6.1.1. Contrastación y demostración de la hipótesis general con los resultados**

Con la hipótesis planteada en donde se señala que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas y su afluente en los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2 y, de acuerdo a los resultados obtenidos de la estadística aplicada de *t* de Student para RSihu3 y RPasa1, se obtuvo un valor de significancia  $\text{Sig}=0.423/2=0.2115$  valor que es mayor al nivel de significación del 5% ( $p<0.05$ ) por lo que se valida la hipótesis de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas en RSihu3 y RPasa1. En el punto de monitoreo RPasa2, se aplicó la estadística descriptiva debido a que no pudo hallar la *t* de Student por tener desviación estándar igual a 0, por lo que se aplicó la estadística descriptiva considerando el valor de 1 cuando el riesgo es significativo y valor de 0 de no significativo, de acuerdo a los resultados el promedio porcentual para los tres entornos es 1, lo que viene a ser igual al valor que se otorga cuando el riesgo es significativo, por lo que se valida la hipótesis de que los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas en RPasa2.

#### **6.1.2. Contrastación y demostración de la hipótesis específica con los resultados**

La hipótesis específica 1 que señala la frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por el PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas es menor una vez a la semana, de acuerdo a los resultados de la estadística aplicada de *t* de Student para medir la frecuencia se obtuvo un valor de significancia  $\text{Sig } 0.000/2=0.000$  valor que es menor que el nivel de significación de la prueba ( $p < 0.05$ ) se cumple la hipótesis alterna  $H_1$  de que la frecuencia de drenaje ácido de minas por pasivo

ambiental minero (PAM) es menor una vez a la semana (superior al 52%) de la cantidad de los PAM en la parte baja del río Sihuas.

La hipótesis específica 2, menciona que los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas, de la parte baja del río Sihuas, se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso. Del promedio de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en los años 2018 al 2021 sobrepasaron los estándares de calidad ambiental del agua categoría 3D1, manganeso ( $\Delta$  26.07%) para RSihu3; aluminio ( $\Delta$  16.8%), cadmio ( $\Delta$  300%), manganeso ( $\Delta$  510%) y zinc ( $\Delta$  149%) para RPasa1 y; aluminio ( $\Delta$  13.36%), cadmio ( $\Delta$  139.07%), cobre ( $\Delta$  94.30%), hierro ( $\Delta$  209.15%), manganeso ( $\Delta$  350.22%) y zinc ( $\Delta$  311.95%) para RPasa2. Por lo que no se valida la hipótesis de que los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos, se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso, debido a que no todos los parámetros lo sobrepasan.

La hipótesis específica 3, refiere que el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas (Distrito de Sihuas y Cashapampa población mayor de 100) es muy alto, de los resultados, de acuerdo a los resultados de la estadística aplicada de  $t$  de Student para medir la frecuencia se obtuvo un valor de significancia  $\text{Sig } 0.000/2=0.000$  valor que es menor al 0.05 (nivel de significación)  $p<0.05$  se debe aceptar la hipótesis alterna  $H_1$  de que el nivel de afectación de la población por pasivos ambientales mineros en Sihuas (Distrito de Sihuas y Cashapampa) es muy alto (población mayor de 100 habitantes).

La hipótesis 4, menciona que el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto, de acuerdo a los resultados de la estadística aplicada de  $t$  de Student, los resultados promedios de los tres puntos de monitoreo es de 2.3, siendo un nivel de significación  $\text{Sig.} = 0.334/2=0.167$  es mayor al nivel de significación 5% ( $p<0.05$ ) se debe aceptar la hipótesis nula  $H_0$  de que no es cierto que el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto (mayor o igual al 50%).

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

La presente investigación se ha realizado utilizando la Guía de evaluación de riesgo ambiental del MINAM para determinar el riesgo ambiental de los pasivos ambientales en la unidad de análisis estudiada, mientras que el autor Olivera utilizó la Matriz Batelle Columbus, los autores Zamora, Lanza & Arranz utilizaron la matriz de asignación cualitativa y el autor Pérez utilizó la matriz Conesa Fernández-Vitoria.

La valoración del riesgo de la presente investigación se ha utilizado los siguientes niveles: significativo, moderado y leve; mientras que los autores Zamora, Lanza & Arranz consideraron la valoración de bajo, medio, alto y severo, el autor Olivera consideró la valoración de crítico, severo, moderado y compatible y, el autor Pérez consideró una valoración de bajo, moderado, alto, severo y crítico.

En la presente investigación se encontró que la frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por el PAM en las aguas del río Sihuas es menor a una vez a la semana, no encontrando estudios similares sobre esta variable, una de las razones puede explicarse por la metodología empleada, que en este caso fue la de la Guía de Evaluación de Riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente.

Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas no se encuentran en su totalidad por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso, no encontrando estudios similares para el mismo río; pero coincidiendo con Pérez (2017) que estudia al río Crucero donde hay afectación por la presencia de PAM quien encontró valores elevados de Pb y Hg y difiriendo de Carhuas & Olarte (2021) quienes no encontraron valores elevados de parámetros fisicoquímicos pero si de parámetros microbiológicos debido a que su análisis fue realizado a drenajes de aguas servidas basándose en la categoría 4 del ECA aun cuando utilizaron la misma Guía de Evaluación de Riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente.

Se encontró que el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto, no encontrando estudios similares

sobre esta variable, una de las razones puede explicarse por la metodología empleada, que en este caso fue la de la Guía de Evaluación de Riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente.

El nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor se encontró que no es alto, no encontrando estudios similares sobre esta variable, una de las razones puede explicarse por la metodología empleada, que en este caso fue la de la Guía de Evaluación de Riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, el nivel de riesgo ambiental que generan los pasivos ambientales mineros en la parte baja del río Sihuas es significativo no encontrando estudios similares para el mismo río; sin embargo, difiriendo con Olivera (2019) quien determinó que los pasivos ambientales mineros de la mina Gavilán de Plata no contaminan el río Loripongo, esto puede explicarse debido a que analiza distintos parámetros inorgánicos tales como talio o bario, además se analiza con otra categoría del ECA Agua siendo la categoría 4; también de Carhuas & Olarte (2021) quienes consideran como riesgo ambiental moderado a la afectación de la laguna de Paca, esto es debido a que analizan descargas de las aguas residuales así como parámetros microbiológicos.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en la presente tesis, estando de acuerdo con el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario N°260-2019-CU., donde se señala los principios éticos como norma de comportamiento conductual, por ello los tesistas somos responsables de los procesos y procedimientos de diseño, desarrollo de nuestra investigación.

## VII. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que, en las aguas de la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha presenta un nivel de riesgo ambiental significativo en cada uno de los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2; sin embargo, en RPasa2 presenta un porcentaje promedio mayor (82%) en comparación que RSihu3 y RPasa1 (ambos con 68,67%), esto puede explicarse que la cantidad de PAM se encuentran más cercanos a RPasa2.
- Se determinó que el 81,25% de PAM (es decir 52 de 64 PAM) generan drenaje ácido de minas con una frecuencia menor una vez a la semana, pero cuando hay lluvias no estacionarias aumenta a 84,37% (es decir 54 de 64 PAM) y por lluvias estacionaria hasta un 95,31% (es decir 61 de 64 PAM), con lo que esto contribuye a que el riesgo ambiental sea significativo para los puntos de monitoreo RSihu3, RPasa1 y RPasa2. Asimismo, se determinó que, si el resultado es mayor al 51,56% (33 de 64 PAM), contribuirá a que el riesgo ambiental sea significativo.
- Se determinaron que no todos los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos, considerando el promedio de los resultados en los años del 2018 al 2021 realizados por la ALA de Pomabamba, sobrepasaron los estándares de calidad ambiental (ECA) del agua de la parte baja del río Sihuas y su afluente, el río Pasacancha. Los parámetros fisicoquímicos se encuentran categorizados como no significativos (NS), es decir, no exceden el ECA agua categoría 3 para ningún punto de monitoreo; sin embargo, algunos parámetros inorgánicos se encuentran categorizados como significativos (S) es decir que sobrepasaron el ECA agua categoría 3 en el punto RSihu3, el parámetro manganeso en  $\Delta$  26.07%; para RPasa1, el aluminio ( $\Delta$  16.8%), cadmio ( $\Delta$  300%), manganeso ( $\Delta$  510%) y zinc ( $\Delta$  149%) y; para RPasa2, aluminio ( $\Delta$  13.36%), cadmio ( $\Delta$  139.07%), cobre ( $\Delta$  94.30%), hierro ( $\Delta$  209.15%), manganeso ( $\Delta$  350.22%) y zinc ( $\Delta$  311.95%).

- De acuerdo a los resultados, se determinó que el nivel de afectación de la población por pasivos ambientales mineros en Sihuas (Distrito de Sihuas y Cashapampa) es muy alto. Existen 108 pobladores que se encuentran afectados debido a que consumen el agua directa del río. Además, 265 pobladores utilizan agua contaminada con relaves mineros para el riego de vegetales. Asimismo, se determinó que, si la población afectada es mayor a 100 contribuirá a que el riesgo ambiental sea significativo.
- Se determinó que el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor de las aguas de la parte baja del río Sihuas no es alto. Esto es debido a que sólo el punto de monitoreo RPasa2 presenta un mayor porcentaje siendo del 54,5% (6 de 11 parámetros exceden el ECA agua), a diferencia de RSihu3 que presenta un 9,1% (1 de 11 parámetros exceden el ECA agua) o de RPasa1 que presenta un 36,4% (4 de 11 parámetros exceden el ECA agua), esto puede explicarse debido a la cercanía de RPasa2 a los 64 PAM estudiados. Asimismo, se determinó que, si el resultado es mayor al 50% (6 de 11 PAM), contribuirá a que el riesgo ambiental sea significativo.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar la evaluación del riesgo ambiental para toda la microcuenca, con la finalidad de poder identificar nuevos pasivos mineros que no se encuentren dentro del inventario de pasivos ambientales mineros del Ministerio de Energía y Minas.
- Realizar las gestiones correspondientes por parte de la municipalidad provincial de Sihuas, para hacer de conocimiento de la situación real del riesgo ambiental identificado en la provincia en mención, a la Dirección General de Asuntos Ambientales de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, en cumplimiento de D.S. N° 033-2020-EM Reglamento de la Ley N° 29134, Ley que Regula los Pasivos Ambientales, la cual indica que la remediación se efectúa a cargo del estado peruano, priorizando la remediación de los pasivos ambientales considerados de alto riesgo, siendo el caso de los pasivos identificados en el distrito de Cashapampa, los cuales generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas y su afluente el río Pasacancha, según los resultados de la presente investigación. Asimismo, se recomienda evaluar la conveniencia de la aplicación de tratamientos de remediación del tipo de obras de estabilidad física, química e hidrológica para poder reducir la contaminación ambiental y con ello proteger la salud de los pobladores y ecología del entorno.
- Por último, se recomienda tomar como base la presente tesis para el desarrollo de una futura investigación en donde se evalúe el nivel de riesgo ambiental generado por los pasivos ambientales mineros en el componente suelo del distrito de Cashapampa, esto debido a que durante la visita de campo se pudo observar que el suelo presenta características físicas tales como coloración rojiza, inexistencia de vegetación; por lo que existe una posibilidad que el suelo se encuentre contaminado debido al arrastre del drenaje ácido de mina por escorrentía o por infiltración, lo que puede generar que el riesgo ambiental sea significativo, por esta razón, es importante conocer el grado de afectación del componente en mención, con la finalidad de priorizar las actividades necesarias para su remediación, promoviendo así la gestión sostenible de los pasivos mineros, en el marco del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Aduvire, Osvaldo. 2006.** Drenaje ácido de mina - Generación y Tratamiento. s.l. : Instituto Geológico y Minero de España - Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente, 2006.
2. **ANA. 2018.** Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. [En línea] 13 de febrero de 2018. [Citado el: 15 de 05 de 2022.] <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-056-2018-ana>.
3. **Anicama, Juan y Paz, Jorge. 2017.** El agua como origen de vida y de conflictos sociales. *Pensamiento Crítico*. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de junio de 2022.] <https://doi.org/10.15381/pc.v21i2.13240.2617-2143>.
4. **Arango, Marcela. 2011.** Requerimientos para el diseño de una metodología que permita estimar el valor de los pasivos ambientales mineros. [En línea] 2011. [Citado el: 01 de mayo de 2022.] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8766/43869159.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
5. **Arango, Marcela y Olaya, Yris. 2012.** Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. [En línea] 2012. [Citado el: 6 de junio de 2022.] <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286.0124.177X>.
6. **Aruhuanca, Jorge. 2017.** Identificación y valoración de impacto ambiental por riesgos ambientales del sitio minero de Saqui, distrito de Sina – San Antonio de Putina. [En línea] 2017. [Citado el: 16 de mayo de 2022.] <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8767?show=full>.
7. **Bareño, Cristian. 2018.** Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales mineros en la minería de carbón, con enfoque de ecología política: Estudio de caso Municipio Rondón (Bocayá). Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales minero. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de 05 de 2022.] <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7695>.
8. **Campos, Irene. 2000.** Saneamiento ambiental. [En línea] 2000. [Citado el: 22 de 05 de 2022.] <https://isbn.cloud/9789968310697/saneamiento-ambiental/>. 978-9968-31-069-7.

9. **Cárdenas, Erika y Piñeros, Camila. 2019.** Diseño de una metodología que permita la identificación y la valorización de los pasivos ambientales huérfanos petroleros mediante el uso de una plataforma digital. 2019.
10. **Carhuas, Luz y Olarte, Estefani. 2021.** Evaluación de riesgos ambientales en la laguna de Paca debido a las descargas de las aguas residuales - Jauja 2021. [En línea] 06 de 2022 de 2021. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10526?mode=full>.
11. **Castillo, L, et al. 2021.** Pasivos ambientales mineros en el Perú: Resultados de la auditoría de desempeño sobre gobernanza para el manejo integral de los PAM. [Online] 2021. [Cited: mayo 08, 2022.] <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/2120316-pasivos-ambientales-mineros-en-el-peru-resultados-de-la-auditoria-de-desempeno-sobre-gobernanza-para-el-manejo-integral-de-los-pam>.
12. **Chapman, Deborah. 1996.** Evaluaciones de la calidad del agua. [En línea] 1996. [Citado el: 18 de mayo de 2022.] <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41850.9780429204166>.
13. **Chappuis, María. 2019.** Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. [En línea] 2019. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45068-remediacion-activacion-pasivos-ambientales-mineros-pam-peru>. 1680-8886.
14. **Congreso de la República del Perú. 2004.** Ley N° 28271 Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. [En línea] 2 de 7 de 2004. [Citado el: 01 de junio de 2022.] <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-pasivos-ambientales-actividad-minera>.
15. **—. 2005.** Ley N° 28611 Ley General del Ambiente. [En línea] 13 de 10 de 2005. [Citado el: 22 de mayo de 2022.] <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3569-28611>.
16. **Cuentas, Mario, y otros. 2019.** Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque - Puno. [En línea] 2019. [Citado el: 11 de 05 de 2022.]

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522019000200004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000200004&lng=es&nrm=iso). 2519-5352.

17. **Cuesta, Alex. 2021.** Identificación de una metodología para levantamiento de pasivos ambientales mineros de áridos y pétreos, aplicable al Distrito Metropolitano de Quito. 2021.
18. **Duarte, Carlos. 2017.** Implementación de una metodología para la identificación y evaluación de pasivos ambientales mineros. 2017.
19. **Ecología Verde. 2022.** Las 11 ecorregiones de Antonio Brack Egg. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.ecologiaverde.com/las-ecorregiones-del-peru-y-sus-caracteristicas-2215.html>.
20. **Espinoza, Kevin. 2020.** Evaluación de la calidad de agua y metales traza del río Jubones en el cantón pasaje, provincia de el oro, Ecuador. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de junio de 2022.] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49924>.
21. **García, César, García, María y Agudelo, Carlos. 2014.** Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. [En línea] 2014. [Citado el: 28 de junio de 2022.] <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v18n42/v18n42a08.pdf>. 0123-921X.
22. **Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo. 2016.** Pasivos ambientales mineros en la región Cajamarca. [En línea] 2016. [Citado el: 20 de junio de 2022.] [https://grufides.org/sites/default/files//documentos/documentos/%5BV4.0%5D%20Informe%20-%20Pasivos%20ambientales%20presentes%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Cajamarca\\_2\\_0.pdf](https://grufides.org/sites/default/files//documentos/documentos/%5BV4.0%5D%20Informe%20-%20Pasivos%20ambientales%20presentes%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Cajamarca_2_0.pdf).
23. *Guía de evaluación de riesgos ambientales.* **Ministerio del Ambiente. 2010.** 2010, pág. 7.
24. **HAPSA. 2012.** Estudio de aprovechamiento de recursos hídricos del río Rupac. 2012.
25. **Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P. 2014.** *Metodología de la investigación.* Quinta. s.l. : Mc Grw Hill., 2014.

26. **Herrera, W. 2003.** LA POBLACIÓN, Segundo elemento constitutivo del Estado colombiano. s.l. : Revista de derecho - Universidad del Norte, 2003. Vol. 19, 224-272.
27. **INEI. 2018.** Ancash: Resultados definitivos Tomo I. *Ancash: Resultados definitivos Tomo I.* Lima : s.n., 2018. pág. 25.
28. —. **2017.** Censo Nacionales 2017: XII de Población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. [En línea] Sistema de Consulta de Base de Datos REDATAM, 2017. [Citado el: 23 de 07 de 2022.] <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>. Área #021901.
29. —. **2012.** IV Censo Nacional Agropecuario . 2012.
30. **INGEMMET. 2020.** Evaluación de peligros geológicos en los sectores Pasacancha, Tarabamba y Colpa. *Informe Técnico N° A7025.* 20 de Febrero de 2020. Vol. 001.
31. —. **2022.** Mapa Geomorfológico del Perú. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://portal.ingemmet.gob.pe/web/guest/mapa-geomorfologico>.
32. **JAXA/METI. 2015.** Digital Elevation Model Alos Palsar RTC. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-coverage-maps/>.
33. **Laino-Guanes, Rafaela María, et al. 2015.** Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. s.l. : Tecnología y ciencias del agua, 2015. Vol. 6, 4. 2007-2422..
34. **Londono-Franco, Luis Fernando, Londono-Munoz, Paula Tatiana y Munoz-García, Fabián Gerardo. 2016.** Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. 2016. Vol. 14, 2, págs. 145-153. 1692-3561.
35. **MEM. 2009.** Aprueban fichas de campo propuestas por el proyecto PERCAN para la identificación de pasivos ambientales mineros ubicados dentro de una ex unidad minera. *R.D. N° 173-2009-MEM-DGM.* 17 de 09 de 2009.
36. **MINAGRI. 2009.** Mapa de suelos del Perú. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.geogpsperu.com/2015/10/mapa-de-suelos-onern.html>.
37. **MINAM. 2010.** *Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales.* 2010.

- 38.—. **2017.** Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.* 07 de Junio de 2017.
- 39.—. **2017.** Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* Lima : s.n., 2017.
- 40.—. **2015.** Mapa de coberturas vegetales del Perú. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/conoce-el-nuevo-mapa-nacional-de-cobertura-vegetal-presentado-por-el-ministerio-del-ambiente/>.
- 41.—. **2018.** Mapa de ecosistemas del Perú. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>.
42. **MINEM. 2005.** Aprueban Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. *Decreto Supremo N° 059-2005-EM.* 09 de 12 de 2005.
- 43.—. **2014.** Proyecto de Remediación de Pasivos Ambientales Mineros de Ex Unidades Mineras. [En línea] 2014. [Citado el: 02 de junio de 2022.] <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12252912.pdf>.
44. **MINEM/DM. 2021.** Aprueban actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado mediante R.M. N° 290-2006-MEM/DM. *R.M. N° 200-2021-MINEM/DM.* Lima : s.n., 2021.
- 45.—. **2006.** R.M. N° 290-2006-MEM/DM. *Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros.* Lima : s.n., 2006.
46. **Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Minería. 2021.** Aprueban actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado mediante R.M. N° 290-2006-MEM/DM. *R.M. N° 200-2021-MINEM/DM.* Lima, Perú : s.n., 2021.
47. **Ministerio de Energía y Minas. DM [Dirección de Minería]. 2006.** R.M. N° 290-2006-MEM/DM. *Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros.* Lima : s.n., 2006.
48. **Ministerio del Ambiente [Dirección General de Calidad Ambiental]. 2010.** [En línea] 2010. [Citado el: 02 de junio de 2022.]

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-riesgos-ambientales#:~:text=La%20Guia%20para%20Evaluacion%20de,o%20similares%2C%20convocar%C3%A1%20a%20profesionales>.

49. **Obando, Jorge, Castellanos, María y Montenegro, Aldemar. 2016.** Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoro de Villavicencio. *Economic Value Of Natural Resource Water Wetland Coroncoro Villavicencio*. Villavicencio, Medellín, Colombia : Lámpsakos, 16 de 11 de 2016. 16, págs. 33-43. 2145-4086.
50. **Oblasser, Angela and Chaparro, Eduardo. 2008.** Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. [Online] 2008. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6333-estudio-comparativo-la-gestion-pasivos-ambientales-mineros-bolivia-chile-peru.9789213231753>.
51. **Olivera, Andres. 2019.** Evaluación ambiental del índice de calidad del agua del río Loripongo afectado por los pasivos ambientales de la mina Gavilán de La Plata - Laraqueri - Puno. [En línea] 2019. [Citado el: 14 de junio de 2022.] <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13321>.
52. **ONERN. 1976.** Mapa Capacidad de Uso Mayor del Perú. [En línea] 1976. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.geogpsperu.com/2020/06/mapa-de-capacidad-de-uso-mayor-de.html>.
53. **— . 1976.** Mapa fisiográfico del Perú. [En línea] 1976. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.geogpsperu.com/2015/10/mapa-fisiografico-del-peru-onern-online.html>.
54. **Pérez, Moisés. 2017.** Evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río Crucero por plomo y mercurio - Distrito de Ananea. [En línea] 2017. [Citado el: 14 de junio de 2022.] <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6780>.
55. **Quiroz, Luis, Izquierdo, Elena y Menendez, Carlos. 2017.** Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de 05 de 2022.] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-)

03382017000300004.

56. **Red Mullqui. 2015.** Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnóstico y Propuestas. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de 05 de 2022.] <https://muqui.org/wp-content/uploads/2019/11/pasivosambientales2015.pdf>.
57. **Sánchez, A, y otros. 2014.** Impact of mining environmental remediation liabilities in the environment. Oyón, Lima : Big Bang Faustiniiano, 2014.
58. **SENAMHI. 2017.** Atlas de zonas de vida del Perú. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/259>.
59. —. **2020.** Mapa Climático del Perú. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de 06 de 2022.] <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru#:~:text=El%20Perú%20posee%2038%20tipos,cual%20configura%20una%20fisiografía%20compleja..>
60. **Sierra, Carlos. 2011.** Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. [En línea] 2011. [Citado el: 12 de 05 de 2022.] <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568.9789588692067-1>.
61. **Torres, Alvaro. 2021.** Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga 2020. [En línea] 2021. [Citado el: 14 de junio de 2022.] <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10090>.
62. **UNESCO. 2009.** Agua y Minería en Cuencas Áridas y Semiáridas: Guía para la Gestión Integral. [En línea] 2009. [Citado el: 11 de 05 de 2022.] [https://www.cazalac.org/publico/fileadmin/templates/documentos/CAMINAR/Guia\\_CAMINAR.pdf](https://www.cazalac.org/publico/fileadmin/templates/documentos/CAMINAR/Guia_CAMINAR.pdf).
63. **Zamora, Gerardo, Lanza, Julio y Arranz, Julio. 2018.** Metodología para la identificación y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de junio de 2022.] [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522018000200004&script=sci\\_arttext.2519-5352](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522018000200004&script=sci_arttext.2519-5352).

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Riesgo Ambiental por Pasivos Ambientales Mineros en las aguas de la parte baja del Río Sihuas						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>				
¿Cuál es el nivel de riesgo ambiental generado por pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas?	Evaluar el nivel de riesgo ambiental generado por los pasivos ambientales mineros en las aguas de la parte baja del río Sihuas	Los pasivos ambientales mineros generan riesgo ambiental significativo en las aguas de la parte baja del río Sihuas	Y: Riesgo ambiental	Nivel	Probabilidad x Gravedad de ocurrencia	
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específico</b>	<b>Hipótesis Específica</b>				
1. ¿Cuál es la frecuencia del flujo de drenaje ácido de mina generados por PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas?	1. Determinar la frecuencia del flujo de drenaje ácido de mina generados por PAM en las aguas de la parte baja del río Sihuas.	La frecuencia de flujo de drenaje ácido de mina generado por el PAM en las aguas del río Sihuas es menor una vez a la semana.	X <sub>1</sub> : Flujo de drenaje ácido de mina de los PAM	Frecuencia	Frecuencia	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Diseño: no experimental
2. ¿Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas están dentro de los estándares de calidad ambiental para su uso?	2. Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas	Los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de las aguas de la parte baja del río Sihuas se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para su uso	X <sub>2</sub> : Calidad del agua	Parámetros fisicoquímicos	Potencial de hidrógeno (pH) Sulfatos (mg/L)	
				Parámetros inorgánicos	Aluminio (mg/L) Cadmio (mg/L) Cobre (mg/L) Hierro (mg/L) Manganeso (mg/L) Mercurio (mg/L) Níquel (mg/L) Plomo (mg/L) Zinc (mg/L)	
3. ¿Cuál es el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas?	3. Determinar el nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas.	El nivel de significancia de la población afectada por pasivos ambientales mineros en Sihuas es muy alto.	X <sub>3</sub> : Población	Número de pobladores	Valor 1: Menor a 5 Valor 2: Entre 5 a 50 Valor 3: Entre 50 a 100 Valor 4: Mayor a 100	
4. ¿Cuál es el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor?	4. Determinar el nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor	El nivel de significancia de la pérdida del cuerpo receptor es alto	X <sub>4</sub> : Cuerpo receptor del patrimonio y capital productivo	Porcentaje de pérdida del cuerpo receptor	Valor 4: 100% Valor 3: 50% Valor 2: Entre 10 - 20% Valor 1: Entre 1 - 2%	

## ANEXO 2: GALERIA FOTOGRÁFICA DE LA VISITA DE CAMPO A SIHUAS

Figura 36

*Imagen de PAM de tipo relaves mineros en Pasacancha*



Nota: Las imágenes muestran relaves mineros en el centro poblado de Pasacancha del distrito de Cashapampa.

**Figura 37**

*Imagen de PAM de tipo bocaminas en Pasacancha*



## CONTINUACIÓN DE FIGURA 37



Nota: Las imágenes muestran bocaminas en el centro poblado de Pasacancha del distrito de Cashapampa.

**Figura 38**

*Imagen de formación tipo quebrada del flujo drenaje ácido de mina*



Nota: La imagen muestra formación de quebrada por donde se traslada el flujo del drenaje ácido de mina.

**Figura 39**

*Imagen de PAM de tipo residuo minero en Pasacancha*



Nota: Las imágenes muestran residuo minero en el centro poblado de Pasacancha del distrito de Cashapampa.

## ANEXO 3: INVENTARIO DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

**Tabla 93**

*Inventario de Pasivos ambientales mineros (PAM)*

Nº	PAM (ID)	COORDENADAS		PASIVO AMBIENTAL MINERO	
		ESTE	NORTE	TIPO	SUB-TIPO
1	5389	207547	9049877	Labor minera	Chimenea
2	5390	207272	9050145	Labor minera	Bocamina
3	5391	207632	9049712	Labor minera	Bocamina
4	5392	207625	9049139	Labor minera	Bocamina
5	5393	207605	9049796	Labor minera	Bocamina
6	5394	207460	9049945	Labor minera	Bocamina
7	5395	207643	9049332	Labor minera	Bocamina
8	5396	207640	9049575	Labor minera	Bocamina
9	5397	207542	9049868	Labor minera	Bocamina
10	5399	207579	9049902	Labor minera	Bocamina
11	5400	207572	9049919	Labor minera	Bocamina
12	5402	207572	9049948	Labor minera	Bocamina
13	5404	207457	9049938	Labor minera	Bocamina
14	5405	207626	9049492	Labor minera	Bocamina
15	5406	207455	9050028	Labor minera	Bocamina
16	5407	207434	9050028	Labor minera	Bocamina
17	5409	207430	9050271	Labor minera	Bocamina
18	5410	207345	9050367	Labor minera	Bocamina
19	5411	207372	9050336	Labor minera	Media barreta
20	5412	207369	9050333	Labor minera	Bocamina
21	5413	207085	9050292	Labor minera	Bocamina
22	5415	207055	9050307	Labor minera	Bocamina
23	5418	207076	9050410	Labor minera	Bocamina
24	5421	207337	9050213	Labor minera	Bocamina
25	5424	207569	9049902	Labor minera	Bocamina
26	5425	207557	9049914	Labor minera	Bocamina
27	5426	207483	9050319	Labor minera	Bocamina
28	5432	207628	9049136	Residuo minero	Desmonte de mina
29	5433	207552	9049958	Residuo minero	Desmonte de mina
30	5436	207689	9049475	Residuo minero	Desmonte de mina
31	5437	207653	9049326	Residuo minero	Desmonte de mina
32	5438	207626	9049797	Labor minera	Tajo
32	5438	207626	9049797	Labor minera	Tajo
33	5440	207602	9049966	Residuo minero	Desmonte de mina

**CONTINUACIÓN DE LA TABLA 79**

Nº	PAM (ID)	COORDENADAS		PASIVO AMBIENTAL MINERO	
		ESTE	NORTE	TIPO	SUB-TIPO
33	5440	207602	9049966	Residuo minero	Desmonte de mina
34	5441	207643	9049926	Residuo minero	Desmonte de mina
35	5442	207628	9049705	Residuo minero	Desmonte de mina
36	5447	207797	9049293	Residuo minero	Desmonte de mina
37	5460	207541	9049898	Labor minera	Chimenea
38	5461	207534	9049918	Labor minera	Chimenea
39	8375	207477	9048717	Labor minera	Bocamina
40	8376	207464	9048669	Residuo minero	Desmonte de mina
41	8379	207527	9048604	Residuo minero	Desmonte de mina
42	8381	207543	9048456	Residuo minero	Relaves
43	15162	207610	9049777	Labor minera	Tajeo comunicado
44	15163	207524	9049885	Labor minera	Bocamina
45	15165	207532	9049852	Labor minera	Chimenea
46	15166	207526	9049852	Labor minera	Bocamina
47	15167	207532	9049849	Residuo minero	Desmonte de mina
48	15168	207550	9049869	Residuo minero	Desmonte de mina
49	15169	207541	9049898	Labor minera	Chimenea
50	15170	207525	9049888	Residuo minero	Desmonte de mina
51	15171	207589	9049899	Labor minera	Chimenea
52	15172	207589	9049897	Residuo minero	Desmonte de mina
53	15173	207596	9049913	Residuo minero	Desmonte de mina
54	15174	207465	9049941	Residuo minero	Desmonte de mina
55	15175	207414	9049992	Labor minera	Bocamina
56	15176	207416	9049997	Residuo minero	Desmonte de mina
57	15177	207402	9049999	Labor minera	Chimenea
58	15178	207459	9050042	Residuo minero	Desmonte de mina
59	15181	207079	9050415	Residuo minero	Desmonte de mina
60	15182	207085	9050295	Residuo minero	Desmonte de mina
61	15183	207341	9050221	Residuo minero	Desmonte de mina
62	15184	207426	9050286	Residuo minero	Desmonte de mina
63	15185	207366	9050351	Labor minera	Media barreta
64	15187	207535	9048633	Infraestructura	Plantas de procesamiento

Nota: La tabla muestra el inventario de los pasivos ambientales mineros 2021 en el distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas. Fuente: (Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Minería, 2021)

## ANEXO 4: PROBABILIDAD DE PASIVOS AMBIENTALES

**Tabla 94**

*Probabilidad de ocurrencia por cada pasivo ambiental minero*

PAM (ID)	TIPO	SUBTIPO	TIPO DE DRENAJE	FRECUENCIA DEL DRENAJE	VALOR	PUNTAJE
5389	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
5390	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5391	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5392	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5393	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5394	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5395	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5396	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5397	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5399	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5400	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5402	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5404	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5405	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5406	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5407	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5409	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5410	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5411	LABOR MINERA	MEDIA BARRETA	Drenaje provocado por lluvias estacionarias	> una vez al mes y < una vez al año	Probable	3
5412	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5413	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5415	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5418	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5421	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5424	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5425	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5426	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5

**CONTINUACIÓN DE TABLA 94**

PAM (ID)	TIPO	SUBTIPO	TIPO DE DRENAJE	FRECUENCIA DEL DRENAJE	VALOR	PUNTAJE
5432	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5433	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5436	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5437	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5438	LABOR MINERA	TAJO	Drenaje intermitente provocado por lluvias no estacionarias	Mayor una vez a la semana y menor una vez al mes	Altamente probable	4
5440	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5441	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5442	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5447	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
5460	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
5461	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
8375	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
8376	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
8379	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
8381	RESIDUO MINERO	RELAVES	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15162	LABOR MINERA	TAJEO COMUNICADO	Drenaje intermitente provocado por lluvias no estacionarias	Mayor una vez a la semana y menor una vez al mes	Altamente probable	4
15163	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15165	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
15166	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15167	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15168	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15169	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
15170	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15171	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
15172	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5

### CONTINUACIÓN DE TABLA 94

PAM (ID)	TIPO	SUBTIPO	TIPO DE DRENAJE	FRECUENCIA DEL DRENAJE	VALOR	PUNTAJE
15173	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15174	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15175	LABOR MINERA	BOCAMINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15176	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15177	LABOR MINERA	CHIMENEA	Drenaje probable por infiltración o arrastre	> una vez al año y < una vez cada 05 años	Posible	2
15178	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15181	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15182	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15183	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15184	RESIDUO MINERO	DESMONTE DE MINA	Drenaje continuo	Menor a una vez a la semana	Muy probable	5
15185	LABOR MINERA	MEDIA BARRETA	Drenaje provocado por lluvias estacionarias	> una vez al mes y < una vez al año	Probable	3
15187	INFRAESTRUCTURA	PLANTAS DE PROCESAMIENTO	Drenaje posible por escorrentía	> una vez cada 05 años	Poco probable	1

Nota: La tabla muestra el valor cualitativo y cuantitativo de la probabilidad de ocurrencia por cada pasivo ambiental minero en el distrito de Cashapampa, provincia de Sihuas luego de realizar el análisis sobre el tipo de drenaje que

## ANEXO 5: FACTOR EXTENSIÓN

**Tabla 95**

*Factor de extensión por cada pasivo ambiental minero*

Nº	PAM (ID)	COORDENADAS		DISTRITO DE SIHUAS		DISTANCIA (Km)
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
1	5389	207547	9049877	210567	9053675	4.85
2	5390	207272	9050145	210567	9053675	4.83
3	5391	207632	9049712	210567	9053675	4.93
4	5392	207625	9049139	210567	9053675	5.41
5	5393	207605	9049796	210567	9053675	4.88
6	5394	207460	9049945	210567	9053675	4.85
7	5395	207643	9049332	210567	9053675	5.24
8	5396	207640	9049575	210567	9053675	5.04
9	5397	207542	9049868	210567	9053675	4.86
10	5399	207579	9049902	210567	9053675	4.81
11	5400	207572	9049919	210567	9053675	4.80
12	5402	207572	9049948	210567	9053675	4.78
13	5404	207457	9049938	210567	9053675	4.86
14	5405	207626	9049492	210567	9053675	5.11
15	5406	207455	9050028	210567	9053675	4.79
16	5407	207434	9050028	210567	9053675	4.81
17	5409	207430	9050271	210567	9053675	4.63
18	5410	207345	9050367	210567	9053675	4.62
19	5411	207372	9050336	210567	9053675	4.62
20	5412	207369	9050333	210567	9053675	4.63
21	5413	207085	9050292	210567	9053675	4.85
22	5415	207055	9050307	210567	9053675	4.87
23	5418	207076	9050410	210567	9053675	4.78
24	5421	207337	9050213	210567	9053675	4.73
25	5424	207569	9049902	210567	9053675	4.82
26	5425	207557	9049914	210567	9053675	4.82
27	5426	207483	9050319	210567	9053675	4.56
28	5432	207628	9049136	210567	9053675	5.41
29	5433	207552	9049958	210567	9053675	4.79
30	5436	207689	9049475	210567	9053675	5.09
31	5437	207653	9049326	210567	9053675	5.23
32	5438	207626	9049797	210567	9053675	4.87
33	5440	207602	9049966	210567	9053675	4.75

**CONTINUACIÓN DE LA TABLA 95**

Nº	PAM (ID)	COORDENADAS		DISTRITO DE SIHUAS		DISTANCIA (Km)
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
34	5441	207643	9049926	210567	9053675	4.75
35	5442	207628	9049705	210567	9053675	4.94
36	5447	207797	9049293	210567	9053675	5.18
37	5460	207541	9049898	210567	9053675	4.84
38	5461	207534	9049918	210567	9053675	4.83
39	8375	207477	9048717	210567	9053675	5.84
40	8376	207464	9048669	210567	9053675	5.89
41	8379	207527	9048604	210567	9053675	5.91
42	8381	207543	9048456	210567	9053675	6.03
43	15162	207610	9049777	210567	9053675	4.89
44	15163	207524	9049885	210567	9053675	4.86
45	15165	207532	9049852	210567	9053675	4.88
46	15166	207526	9049852	210567	9053675	4.88
47	15167	207532	9049849	210567	9053675	4.88
48	15168	207550	9049869	210567	9053675	4.86
49	15169	207541	9049898	210567	9053675	4.84
50	15170	207525	9049888	210567	9053675	4.86
51	15171	207589	9049899	210567	9053675	4.81
52	15172	207589	9049897	210567	9053675	4.81
53	15173	207596	9049913	210567	9053675	4.79
54	15174	207465	9049941	210567	9053675	4.85
55	15175	207414	9049992	210567	9053675	4.85
56	15176	207416	9049997	210567	9053675	4.84
57	15177	207402	9049999	210567	9053675	4.85
58	15178	207459	9050042	210567	9053675	4.78
59	15181	207079	9050415	210567	9053675	4.77
60	15182	207085	9050295	210567	9053675	4.85
61	15183	207341	9050221	210567	9053675	4.73
62	15184	207426	9050286	210567	9053675	4.62
63	15185	207366	9050351	210567	9053675	4.61
64	15187	207535	9048633	210567	9053675	5.88

Nota: La tabla muestra el valor cualitativo y cuantitativo de la extensión por cada pasivo ambiental minero hacia el centroide del distrito de Sihuas de la provincia de Sihuas.

## ANEXO 6: SOLICITUD DE INFORMACIÓN AL ALA POMABAMBA DE LOS MONITOREOS DE RSIHU3 DE LOS AÑOS 2018 AL 2021



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por ARTEAGA  
LORA Manuel Einar FAU  
2/26/2022 13:05:48  
Módulo: Soy el autor del documento  
Fecha: 06/08/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

CUT: 115557-2022

Pomabamba, 05 de agosto de 2022

### CARTA N° 0112-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA

Señorita:

**CELIA MORENO ACERO**

Jr. Santa Carolina 291, E-Mail: [ambiental.morenoacero@gmail.com](mailto:ambiental.morenoacero@gmail.com)

San Martín de Porres - Lima.

Asunto : Información referida a los monitoreos de calidad de agua del río Sihuas-  
Ancash periodo 2018 – 2021.

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarla cordialmente y al mismo tiempo en atención al documento de la referencia, remitir la información solicitada, elaborado por nuestra institución con el informe N° 0023-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA/RELS, el cual incluye anexos.

Atentamente,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

**MANUEL EINAR ARTEAGA LORA**

ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA

ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM  
y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su  
autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente  
dirección web: [Url:http://sigeid.ana.gob.pe/consultas](http://sigeid.ana.gob.pe/consultas) e ingresando la  
siguiente clave: 026A803E



# ANEXO 7: RESULTADO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RSIHU3



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ  
SILVA Raul Ernesto FAU  
23520711865 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05/08/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

CUT: 115557-2022

## INFORME N° 0023-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA/RELS

**A** : MANUEL EINAR ARTEAGA LORA  
ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA  
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

**ASUNTO** : Información referida a los monitoreos de calidad de agua del río Sihuas-  
Ancash periodo 2018 – 2021.

**REFERENCIA** : Solicitud de acceso a la información pública

**FECHA** : Pomabamba, 05 de agosto de 2022

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo y asimismo, en atención al documento de la referencia informar lo siguiente:

### I. ANTECEDENTES:

1.1. Mediante Formulario de Solicitud de Accesos a la información pública, recepcionado con CUT 115557-2021, solicitando información de:

- Información referida a los monitoreos de la calidad del agua del río Sihuas-  
Ancash, periodo 2018 – 2021.
- Informe de las acciones que realizan sobre las fuentes de agua impactadas por  
la actividad minera de Sihuas – El cual fue presentado por el representante del  
ALA Pomabamba, Marco Luna Huane a la Municipalidad Provincial de Sihuas  
en el año 2018.
- Difusión monitoreo de la calidad de agua superficial ALA Pomabamba de los  
años 2016 al 2021.

### II. OBJETIVO

Informar de los resultados de laboratorio de monitoreo en el río Sihuas – Ancash,  
correspondientes a los años del 2018 al 2021.

### III. ANALISIS

La información que se detalla y se adjunta en el presente informe ha sido obtenida de la información Oficial del Sistema de Información de Recursos Hídricos (SINRH) correspondiente al Módulo de Calidad del registro de resultados de monitoreo de calidad de la Dirección de Calidad de Evaluación de Recurso Hídricos (DCERH), registrado según la directiva General N° 004-2021-ANA-J, aprobada con Resolución Jefatural N° 143-2021-ANA.

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM  
y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su  
autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente  
dirección web: Url:<http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la  
siguiente clave : 7EC62889





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

Los monitoreos del río Sihuas que corresponden a los puntos RSihu1 y RSihu3, se detalla en los Cuadros 01, 02, 03 y 04, en el, se incluyen la fecha, la hora, el Nro. del Informe del Ensayo analítico y el departamento.

Los ensayos analíticos del laboratorio: ALS LS PERU S.A.C., se anexa al presente informe, en donde se muestra los resultados con detalle, los métodos utilizados en los análisis, así como la Cadena de Custodia.

Cuadro N° 01: Resultados Monitoreo Rio Sihuas – Año 2018

		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultado	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihu1	RSihu3
Nombre del Cuerpo de Agua				Río Sihuas	Río Sihuas
Fecha monitoreo		DD/MM/YYYY	DD/MM/YYYY	28/09/2018	27/09/2018
Hora Monitoreo		hh:mm	hh:mm	14:07	11:20
Nro del Informe del Ensayo analítico				54060-2018	54440-2018
Departamento				ANCASH	ANCASH
PARAMETROS	UNIDAD	Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihu1	RSihu3
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<=5	<=10	< 1	< 1
Bicarbonatos	mg/L	<=518	----	14,6	117
Caudal	L/s	----	----	18	9000
Cianuro WAD	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	<=500	----	< 0,061	1,774
Conductividad	[µS/cm]	<=2500	<=5000	133	305,6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<=15	<=15	< 2	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<=40	<=40	3	25
Detergentes (SAAM)	mg/L	<=0,2	<=0,5	< 0,01	< 0,01
Fenoles	mg/L	<=0,002	<=0,01	< 0,001	< 0,001
Fósforo Total	mg/L	----	----	0,013	0,401
Nitritos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0,015	< 0,015
Nitritos-N	mg/L	<=10	<=10	< 0,004	< 0,004
Nitrógeno Total	mg/L	----	----	0,13	1,15
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	3,76	4,58
pH	Unidad de PH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	7,46	8,26
Sulfatos	mg/L	<=1000	<=1000	51,38	74,22
Temperatura	°C	±3	±3	14,55	17,37
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<=5	<=5	1,082	7,693
Antimonio	mg/L	----	----	< 0,00004	0,00119
Arsénico	mg/L	<=0,1	<=0,2	< 0,00003	0,00339
Bario	mg/L	<=0,7	----	0,0208	0,1028
Berilio	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,00002	0,00071
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,00002	< 0,00002
Boro	mg/L	<=1	<=5	0,011	0,036
Cadmio	mg/L	<=0,01	<=0,05	0,00017	0,00087
Calcio	mg/L	----	----	12,36	53,56
Cobalto	mg/L	<=0,05	<=1	0,00361	0,0082
Cobre	mg/L	<=0,2	<=0,5	0,00892	0,01367
Cromo Total	mg/L	<=0,1	<=1	< 0,0001	0,0062
Estaño	mg/L	----	----	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio	mg/L	----	----	0,0573	0,2386
Hierro	mg/L	<=5	----	1,055	9,359
Litio	mg/L	<=2,5	<=2,5	0,0079	0,0182
Magnesio	mg/L	----	<=250	5,54	13,3
Manganeso	mg/L	<=0,2	<=0,2	0,36987	0,44004
Mercurio	mg/L	<=0,001	<=0,01	< 0,00003	< 0,00003
Molibdeno	mg/L	----	----	< 0,00002	0,00352
Níquel	mg/L	<=0,2	<=1	0,0053	0,0155
Plata	mg/L	----	----	< 0,000003	< 0,000003
Plomo	mg/L	<=0,05	<=0,05	0,001	0,014
Potasio	mg/L	----	----	1,02	4,26
Selenio	mg/L	<=0,02	<=0,05	< 0,0004	< 0,0004
Silicio	mg/L	----	----	5,2	16
Sodio	mg/L	----	----	2,807	5,287
Talio	mg/L	----	----	< 0,00002	< 0,00002
Titanio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0741
Uranio	mg/L	----	----	< 0,000003	0,000874
Vanadio	mg/L	----	----	< 0,0001	0,0196
Zinc	mg/L	<=2	<=24	0,0911	0,122
<b>MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<=1000	<=1000	13	28000
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	4,5	14000
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	----	< 1	< 1
<b>PLAGUICIDAS</b>					
Dimetoto	µg/L	----	----	< 0,0000085	< 0,0000085
Disulfoton	µg/L	----	----	< 0,0000126	< 0,0000126
Famifur	µg/L	----	----	< 0,0000167	< 0,0000167
Forato	µg/L	----	----	< 0,0000101	< 0,0000101
Malatión	µg/L	----	----	< 0,000011	< 0,000011
Metil Paratión	µg/L	----	----	< 0,0000116	< 0,0000116
O,O-D-Triethyl phosphorothioate	µg/L	----	----	< 0,000011	< 0,000011
Paratión	µg/L	<=35	<=35	< 0,0000116	< 0,0000116
Sulfotep	µg/L	----	----	< 0,0000151	< 0,0000151
Tionazinón	µg/L	----	----	< 0,0000135	< 0,0000135

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIHR



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Cuadro N° 02: Resultados Monitoreo Rio Sihuas – Año 2019

		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultado	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihu1	RSihu3
Nombre del Cuerpo de Agua				Río Sihuas	Río Sihuas
Fecha monitoreo		DD/MM/YYYY	DD/MM/YYYY	27/01/2019	27/01/2019
Hora Monitoreo		hh:mm	hh:mm	10:30	12:30
Nro del Informe del Ensayo analítico				71000-2019	71000-2019
Departamento				ANCASH	ANCASH
PARAMETROS	UNIDAD	Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihu1	RSihu3
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<=5	<=10	< 0,1	< 0,1
Bicarbonatos	mg/L	<=518	----	22,7	104,5
Caudal	L/s	----	----	0,4	2
Cianuro VAD	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	<=500	----	0,066	1,332
Conductividad	(µS/cm)	<=2500	<=5000	136,8	305,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<=15	<=15	< 2	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<=40	<=40	6	14
Detergentes (SAAM)	mg/L	<=0,2	<=0,5	< 0,002	< 0,002
Fosfatos	mg/L	----	----	< 0,012	< 0,012
Fosfatos-P	mg/L	----	----	< 0,004	< 0,004
Fósforo Total	mg/L	----	----	< 0,05	0,59
Nitratos (NO3-)	mg/L	----	----	0,163	0,373
Nitratos-N	mg/L	----	----	0,037	0,084
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	----	----
pH	Unidad de PH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	7,6	7,9
Sulfatos	mg/L	<=1000	<=1000	43,72	74,44
Sulfuros	mg/L	----	----	< 0,0004	< 0,0004
Temperatura	°C	±3	±3	11,6	17,3
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<=5	<=5	1,031	2,104
Antimonio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0005
Arsénico	mg/L	<=0,1	<=0,2	0,0006	0,0021
Bario	mg/L	<=0,7	----	0,0227	0,0539
Berilio	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,0002	< 0,0002
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Boro	mg/L	<=1	<=5	0,022	0,03
Cadmio	mg/L	<=0,01	<=0,05	< 0,0001	0,00093
Calcio	mg/L	----	----	12,8	68,58
Cobalto	mg/L	<=0,05	<=1	0,0048	0,0029
Cobre	mg/L	<=0,2	<=0,5	0,0069	0,0072
Cromo Total	mg/L	<=0,1	<=1	< 0,0007	0,0036
Estaño	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Estroncio	mg/L	----	----	0,0572	0,2777
Hierro	mg/L	<=5	----	1,515	4,22
Litio	mg/L	<=2,5	<=2,5	0,0091	0,0128
Magnesio	mg/L	----	<=250	5,682	14,35
Manganeso	mg/L	<=0,2	<=0,2	<b>0,3749</b>	<b>0,2154</b>
Mercurio	mg/L	<=0,001	<=0,01	< 0,00005	< 0,00005
Molibdeno	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0086
Niquel	mg/L	<=0,2	<=1	0,0047	0,0161
Plata	mg/L	----	----	< 0,00008	< 0,00008
Plomo	mg/L	<=0,05	<=0,05	0,0012	0,0047
Potasio	mg/L	----	----	1,05	2,9
Selenio	mg/L	<=0,02	<=0,05	< 0,0006	< 0,0006
Silicio	mg/L	----	----	4,8	7
Sodio	mg/L	----	----	3,31	6,34
Talio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Titanio	mg/L	----	----	0,0019	0,0097
Uranio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0014
Vanadio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0349
Zinc	mg/L	<=2	<=24	0,06	0,089
<b>MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<=1000	<=1000	7,8	<b>700000</b>
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	4,5	<b>94000</b>

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: [Url:http://sisged.ana.gob.pe/consultas](http://sisged.ana.gob.pe/consultas) e ingresando la siguiente clave : 7EC628B9





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Cuadro N° 03: Resultados Monitoreo Rio Sihuas – Año 2020

Nombre del Cuerpo de Agua		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultado	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihua1	RSihua3
Fecha monitoreo		DD/MM/YY	DD/MM/YYYY	25/11/2020	25/11/2020
Hora monitoreo		hh:mm	hh:mm	12:15	11:30
Nro del Informe del Ensayo analítico				60006-2020	60006-2020
Departamento				ANCASH	ANCASH
PARAMETROS	UNIDAD	Cat.3-D1	Cat.3-D2	RSihua1	RSihua3
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	≤5	≤10	< 0,1	< 0,1
Amoniaco-N	mg/L	----	----	----	----
Bicarbonatos	mg/L	≤518	----	7,7	68,1
Caudal	L/s	----	----	0,8	2,2
Cianuro Libre	mg/L	----	----	----	----
Cianuro VAD	mg/L	≤0,1	≤0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	≤500	----	0,323	2,402
Conductividad	(µS/cm)	≤2500	≤5000	132	274,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	≤15	≤15	< 2	4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	≤40	≤40	12	30
Detergentes (SAAM)	mg/L	≤0,2	≤0,5	< 0,002	< 0,002
Fósforo Total	mg/L	----	----	----	----
Hierro disuelto	mg/L	----	----	----	----
Nitratos (NO3-)	mg/L	----	----	0,178	0,343
Nitratos (NO3-N)-Nitratos (NO2-N)	mg/L	≤100	≤100	0,04	0,078
Nitratos-N	mg/L	----	----	0,04	0,078
Nitratos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0,015	< 0,015
Nitratos-N	mg/L	≤10	≤10	< 0,004	< 0,004
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5	9,5	6,3
pH	Unidad de PH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	7,2	7,7
Sulfatos	mg/L	≤1000	≤1000	55,45	66,61
Sulfuros	mg/L	----	----	----	----
Temperatura	°C	±3	±3	12,2	16,8
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	≤5	≤5	1,533	0,725
Antimonio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Arsénico	mg/L	≤0,1	≤0,2	0,0019	0,0012
Bario	mg/L	≤0,7	----	0,0288	0,0277
Berilio	mg/L	≤0,1	≤0,1	< 0,0002	< 0,0002
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Boro	mg/L	≤1	≤5	0,022	0,026
Cadmio	mg/L	≤0,01	≤0,05	0,00043	< 0,0001
Calcio	mg/L	----	----	13,28	29,67
Cobalto	mg/L	≤0,05	≤1	0,0086	0,0025
Cobre	mg/L	≤0,2	≤0,5	0,0326	0,0101
Cromo Total	mg/L	≤0,1	≤1	0,0013	0,001
Estañio	mg/L	----	----	0,0081	0,0078
Estroncio	mg/L	----	----	0,057	0,1348
Hierro	mg/L	≤5	----	4,022	2,096
Litio	mg/L	≤2,5	≤2,5	0,0069	0,0086
Magnesio	mg/L	----	≤250	6,048	10,91
Manganeso	mg/L	≤0,2	≤0,2	<b>0,5049</b>	<b>0,2247</b>
Mercurio	mg/L	≤0,001	≤0,01	< 0,00005	< 0,00005
Molibdeno	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0009
Níquel	mg/L	≤0,2	≤1	0,0087	0,004
Plata	mg/L	----	----	< 0,00008	< 0,00008
Plomo	mg/L	≤0,05	≤0,05	0,004	0,0034
Potasio	mg/L	----	----	1,25	2,49
Selenio	mg/L	≤0,02	≤0,05	< 0,0006	< 0,0006
Silicio	mg/L	----	----	4,2	4,4
Sodio	mg/L	----	----	2,93	6,58
Talio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Titanio	mg/L	----	----	0,0022	0,0037
Uranio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Vanadio	mg/L	----	----	0,0014	0,0026
Zinc	mg/L	≤2	≤24	0,111	0,083
<b>MICROBIOLOGICO Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	≤1000	≤1000	< 18	<b>1100000</b>
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	< 18	<b>700000</b>
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	----	< 1	< 1

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIHR

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: [Url:http://sisged.ana.gob.pe/consultas](http://sisged.ana.gob.pe/consultas) e ingresando la siguiente clave : 7EC628B9





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Cuadro N° 04: Resultados Monitoreo Rio Sihuas – Año 2021

Nombre del Cuerpo de Agua	UNIDAD	ECA-AGUA		Categoría 3	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	Resultado	Resultado
		DD/MM/YYYY hh:mm	DD/MM/YYYY hh:mm	RSihu1 Rio Sihuas 20/09/2021 14:10 55867-2021 ANCA-SH RSihu1	RSihu3 Rio Sihuas 21/09/2021 12:15 56140-2021 ANCA-SH RSihu3
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<= 5	<= 10	< 0,1	< 0,1
Amoniaco-N	mg/L	----	----	----	----
Bicarbonatos	mg/L	<= 518	----	14,9	80,5
Caudal	L/s	----	----	0,21	1,3
Cianuro Libre	mg/L	----	----	----	----
Cianuro VAD	mg/L	<= 0,1	<= 0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	<= 500	----	0,122	2,077
Conductividad	(µS/cm)	<= 2500	<= 5000	130,5	307,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<= 15	<= 15	< 2	7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<= 40	<= 40	6	17
Detergentes (SAAM)	mg/L	<= 0,2	<= 0,5	< 0,002	< 0,002
Fósforo Total	mg/L	----	----	< 0,007	0,26
Nitratos (NO3-)	mg/L	----	----	0,212	0,434
Nitratos (NO3-N)-Nitritos (NO2-N)	mg/L	<= 100	<= 100	0,048	0,106
Nitratos-N	mg/L	----	----	0,048	0,098
Nitritos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0,015	0,027
Nitritos-N	mg/L	<= 10	<= 10	< 0,004	0,008
Nitrógeno Total	mg/L	----	----	0,127	1,873
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	6,486	6,111
pH	Unidad de	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	7,252	8,075
Sulfatos	mg/L	<= 1000	<= 1000	45,35	72,39
Sulfuros	mg/L	----	----	----	----
Temperatura	°C	±3	±3	12,129	16,33
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<= 5	<= 5	0,951	0,512
Antimonio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0003
Arsénico	mg/L	<= 0,1	<= 0,2	0,0004	0,0007
Bario	mg/L	<= 0,7	----	0,0216	0,028
Berilio	mg/L	<= 0,1	<= 0,1	< 0,0002	< 0,0002
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Boro	mg/L	<= 1	<= 5	0,016	0,027
Cadmio	mg/L	<= 0,01	<= 0,05	< 0,0001	< 0,0001
Calcio	mg/L	----	----	11,75	32,17
Cobalto	mg/L	<= 0,05	<= 1	0,0046	0,0013
Cobre	mg/L	<= 0,2	<= 0,5	0,0072	0,005
Cromo Total	mg/L	<= 0,1	<= 1	< 0,0007	< 0,0007
Estaño	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Estroncio	mg/L	----	----	0,0537	0,1782
Hierro	mg/L	<= 5	----	1,309	1,03
Litio	mg/L	<= 2,5	<= 2,5	0,0075	0,0093
Magnesio	mg/L	----	<= 250	5,689	12,68
Manganeso	mg/L	<= 0,2	<= 0,2	<b>0,3597</b>	0,1284
Mercurio	mg/L	<= 0,001	<= 0,01	< 0,00005	< 0,00005
Molibdeno	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0012
Níquel	mg/L	<= 0,2	<= 1	0,0048	0,0025
Plata	mg/L	----	----	< 0,00008	< 0,00008
Plomo	mg/L	<= 0,05	<= 0,05	0,0012	0,0028
Potasio	mg/L	----	----	0,97	2,43
Selenio	mg/L	<= 0,02	<= 0,05	< 0,0006	< 0,0006
Silicio	mg/L	----	----	4,3	4,5
Sodio	mg/L	----	----	2,79	6,3
Talio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Tiurapio	mg/L	----	----	0,0016	0,0039
Uranio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0003
Vanadio	mg/L	----	----	< 0,0002	0,0016
Zinc	mg/L	<= 2	<= 24	0,054	0,105
<b>MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<= 1000	<= 1000	< 1,8	<b>220000</b>
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	< 1,8	<b>140000</b>
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	----	< 1	< 1

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

El Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua, se describe a continuación; para los años 2018, 2019, 2020 y 2021, la Unidad Hidrográfica, al que corresponde la ALA Pomabamba, el nombre del cuerpo de agua de donde se extrajo da muestra, el código del punto de monitoreo, la descripción del lugar de donde se extrajo la muestra, la categoría que le corresponde de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Categoría 3.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

**Resumen de los parámetros que transgreden el ECA – Agua 2018**

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Sihuas	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	Cat.3	Oxígeno Disuelto
49899	Río Sihuas	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Hierro
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Coliformes Termotolerantes
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Escherichia coli



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ SILVA Raul Ernesto FAU 2520711565 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 05/08/2022

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Resumen de los parámetros que transgreden el ECA – Agua - 2019

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Sihuas	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Escherichia coli
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Coliformes Termotolerantes

Resumen de los parámetros que transgreden el ECA – Agua 2020

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Sihuas	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Escherichia coli
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Coliformes Termotolerantes
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Manganeso

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: [Url:http://sisged.ana.gob.pe/consultas](http://sisged.ana.gob.pe/consultas) e ingresando la siguiente clave : 7EC62889





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

### Resumen de los parámetros que transgreden el ECA – Agua 2021

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Sihuas	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Escherichia coli
49899	Río Sihuas	RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	Cat.3	Coliformos Termotolerantes

En el Cuadro N° 05, se describe los puntos de Monitoreo del Río Sihuas, actualizado de acuerdo con el Módulo de la DCERH/SNIRH.

Cuadro N° 05: Puntos de Monitoreo en el Río Sihuas

JURISDICCIÓN	CLASIFICACION	CÓDIGO FINAL	DESCRIPCION	Este	Norte	Altitud
Interoeje Alto Marañón Y (Jurisdicción de la ALA Pomabamba)	Cat.3	RSihu1	Río Sihuas, aguas arriba del puente de acceso al centro poblado Paccha.	204648	9061531	3365
		RSihu3	Río Sihuas, aproximadamente 100 m, aguas abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR de la ciudad de Sihuas.	211540	9052391	2505

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

La difusión de los resultados de los monitores se realiza al finalizar el trabajo de campo y el informe técnico realizado de acuerdo al Modulo de la DECRH/SNIRH, comprende una descripción de los resultados como los descritos en los cuadros anteriores, no hay nuevos resultados.

En cuanto al Informe de las acciones que realizan sobre las fuentes de agua impactadas por la actividad minera de Sihuas – El cual fue presentado por el representante del ALA Pomabamba, Marco Luna Huane a la Municipalidad Provincial de Sihuas en el año 2018, no se dispone en esta área, se recomienda realizar la solicitud en forma puntual a la admiración.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ  
SILVA Raul Ernesto FAU  
20520711865 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05/08/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

#### IV. CONCLUSIONES

De ha descrito y sustentado la información requerida de los resultados del monitoreo de los puntos RSihu1 y RSihu3 en el río Sihuas, de los años 2018 al 2021.

#### V. RECOMENDACIONES

Remitir una copia del presente informe al e-mail [ambiental.morenoacero@gmail.com](mailto:ambiental.morenoacero@gmail.com), de la señorita Celia Moreno Acero, en atención a su solicitud.

#### VI. ANEXO

RLAB-18697-54060-2018  
RLAB-18697-54440-2018  
RLAB-17811-71000-2019  
RLAB-24040-6006-2020  
RLAB-28727-55867-2021  
RLAB-18727-56140-2021

Atentamente,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

**RAUL ERNESTO LOPEZ SILVA**  
PROFESIONAL  
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url:<http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 7EC628B9



# ANEXO 8: SOLICITUD DE INFORMACIÓN AL ALA POMABAMBA DE LOS MONITOREOS DE RPASA1 Y RPASA2 DE LOS AÑOS 2018 AL 2021



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Firmado digitalmente por ARTEAGA  
LORA Manuel Einar FALU  
D(2021)1005 hard  
Fecha: 06/09/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

CUT: 152866-2022

Pomabamba, 06 de septiembre de 2022

## CARTA N° 0130-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA

SEÑORITA:

**CELIA MORENO ACERO**

E-Mail: [ambiental.morenoacero@gmail.com](mailto:ambiental.morenoacero@gmail.com)

Jr. Santa Carolina 291

San Martín de Porres -

Asunto : Información referida a los monitoreos de calidad de agua del río Pasacancha del departamento de Ancash, periodo 2018 – 2021

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarla cordialmente y al mismo tiempo en atención al documento de la referencia, remitir la información solicitada, elaborado por nuestra institución con el informe N° 0027-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA/RELS, el cual incluye anexos.

Atentamente,

**FIRMADO DIGITALMENTE**

**MANUEL EINAR ARTEAGA LORA**

ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA

ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midegi](http://www.gob.pe/midegi)

Este es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S.070-2013-PCM  
y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su  
autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente  
dirección web: [Url:http://sifed.ana.gob.pe/consulta](http://sifed.ana.gob.pe/consulta) e ingresando la  
siguiente clave : 77C38E5



## ANEXO 9: RESULTADO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RPASA1 Y RPASA2 DE LOS AÑOS 2018 AL 2021



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ SILVA Raúl Ernesto FAJ  
21/09/2021 11:00:14 a.m.  
Correo: gov el autor del documento  
Fecha: 06/09/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

CUT: 152866-2022

### INFORME N° 0027-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA/RELS

**A :** MANUEL EINAR ARTEAGA LORA  
ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA  
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

**ASUNTO :** Información referida a los monitoreos de calidad de agua del río Pasacancha-Ancash periodos 2018 – 2021.

**REFERENCIA :** Solicitud de acceso a la información pública

**FECHA :** Pomabamba, 06 de septiembre de 2022

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo y asimismo, en atención al documento de la referencia informar lo siguiente:

#### I. ANTECEDENTES:

- 1.1. Mediante E-Mail de fecha 03 de setiembre del 2022, se solicita Accesos a la información pública, por parte de la señorita Celia Moreno Acero información:
- Referida a los monitoreos de la calidad del agua superficial del río Pasacancha-Ancash, periodo 2018 – 2021.

#### II. OBJETIVO

Informar de los resultados de laboratorio de monitoreo en el río Pasacancha – Ancash, correspondientes a los años del 2018 al 2021.

#### III. ANALISIS

La información que se detalla y se adjunta en el presente informe ha sido obtenida de la información Oficial del Sistema de Información de Recursos Hídricos (SINRH) correspondiente al Módulo de Calidad del registro de resultados de monitoreo de calidad de la Dirección de Calidad de Evaluación de Recurso Hídricos (DCERH), registrado según la directiva General N° 004-2021-ANA-J, aprobada con Resolución Jefatural N° 143-2021-ANA.

Los monitoreos del río Pasacancha que corresponden a los puntos RPasa1 y RPasa2, se detalla en los Cuadros 01, 02, 03 y 04, en el, se incluyen la fecha, la hora, el Nro. del Informe del Ensayo analítico y el departamento.

Los ensayos analíticos del laboratorio: ALS LS PERU S.A.C., que se anexa al presente informe, corresponden al año 2019 (solo del Punto RPasa2) y año 2020, donde se muestra los resultados con detalle, los métodos utilizados en los análisis, así como la Cadena de

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico  
archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM  
y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su  
autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente  
dirección web: [Url:http://sliged.ana.gob.pe/consultas](http://sliged.ana.gob.pe/consultas) • Ingresando la  
siguiente clave : 031A23CC





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ SILVA, Ray, Ernesto FAU 20520711865 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 06/09/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

Custodia, el resto de información se remitió junto con la información referente al Rio Sihuas, en el Informe N° 23-2022-ANA-AAA.M-ALA.POMA/RELS, con CUT: 115557-2022.

Cuadro N° 01: Resultados Monitoreo Rio Pasacancha – Año 2018

		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultados	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RPasa1	RPasa2
Nombre del Cuerpo de Agua				RPasa1	RPasa2
Fecha monitoreo	DD/MM	DD/MM/Y		27/09/2018	26/09/2018
Hora Monitoreo	hh:mm	hh:mm		10:30	10:30
Nro del Informe del Ensayo analítico				54440-2018	54060-2018
Departamento				ANCASH	ANCASH
<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Cat.3-D1</b>	<b>Cat.3-D2</b>	<b>RPasa1</b>	<b>RPasa2</b>
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<=5	<=10	< 1	< 1
Bicarbonatos	mg/L	<=518	----	4,8	< 1,2
Caudal	L/s	----	----	800	53,17
Cianuro V/AD	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	<=500	----	1,348	< 0,061
Conductividad	(µS/cm)	<=2500	<=5000	464,02	518,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<=15	<=15	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<=40	<=40	< 2	7
Detergentes (SAAM)	mg/L	<=0,2	<=0,5	< 0,01	< 0,01
Fenoles	mg/L	<=0,002	<=0,01	< 0,001	< 0,001
Fósforo Total	mg/L	----	----	0,303	0,09
Nitritos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0,015	< 0,015
Nitritos-N	mg/L	<=10	<=10	< 0,004	< 0,004
Nitrógeno Total	mg/L	----	----	0,326	0,126
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	4,97	3,4
pH	Unidad de PH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	4,97	3,4
Sulfatos	mg/L	<=1000	<=1000	211,6	170,2
Temperatura	°C	±3	±3	16,63	15,72
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<=5	<=5	9,094	5,326
Antimonio	mg/L	----	----	0,00692	0,00039
Arsénico	mg/L	<=0,1	<=0,2	0,10892	0,051
Bario	mg/L	<=0,7	----	0,0523	0,0169
Berilio	mg/L	<=0,1	<=0,1	0,00084	0,00047
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,00002	< 0,00002
Boro	mg/L	<=1	<=5	0,042	0,009
Cadmio	mg/L	<=0,01	<=0,05	0,01955	0,02339
Calcio	mg/L	----	----	39,21	19,08
Cobalto	mg/L	<=0,05	<=1	0,0319	0,01959
Cobre	mg/L	<=0,2	<=0,5	0,20528	0,40581
Cromo Total	mg/L	<=1	<=1	0,0019	< 0,0001
Estaño	mg/L	----	----	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio	mg/L	----	----	0,2852	0,0912
Hierro	mg/L	<=5	----	12,82	11,87
Litio	mg/L	<=2,5	<=2,5	0,0241	0,012
Manganeso	mg/L	----	<=250	15,72	5,967
Manganeso	mg/L	<=0,2	<=0,2	1,491	0,9384
Mercurio	mg/L	<=0,001	<=0,01	< 0,00003	< 0,00003
Molibdeno	mg/L	----	----	0,00114	< 0,00002
Niquel	mg/L	<=0,2	<=1	0,0336	0,0216
Plata	mg/L	----	----	0,001838	< 0,000003
Plomo	mg/L	<=0,05	<=0,05	0,1033	0,0164
Potasio	mg/L	----	----	2,87	1,15
Selenio	mg/L	<=0,02	<=0,05	< 0,0004	< 0,0004
Silicio	mg/L	----	----	11,5	9,7
Sodio	mg/L	----	----	10,65	2,901
Talio	mg/L	----	----	< 0,00002	< 0,00002
Titanio	mg/L	----	----	0,0199	< 0,0002
Uranio	mg/L	----	----	< 0,000003	< 0,000003
Vanadio	mg/L	----	----	0,0034	< 0,0001
Zinc	mg/L	<=2	<=24	6,02	9,27
<b>MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<=1000	<=1000	27	< 18
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	22	< 18
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	----	< 1	< 1
<b>PLAGUICIDAS</b>					
Dimetoato	µg/L	----	----	< 0,0000085	< 0,0000085
Disulfoton	µg/L	----	----	< 0,0000126	< 0,0000126
Famfur	µg/L	----	----	< 0,0000167	< 0,0000167
Forato	µg/L	----	----	< 0,0000101	< 0,0000101
Malatión	µg/L	----	----	< 0,0000011	< 0,0000011
Metil Paratión	µg/L	----	----	< 0,0000116	< 0,0000116
O,O-D-Triethyl phosphorothioate	µg/L	----	----	< 0,0000011	< 0,0000011
Paratión	µg/L	<=35	<=35	< 0,0000116	< 0,0000116
Sulfoteco	µg/L	----	----	< 0,0000151	< 0,0000151
Tionazinón	µg/L	----	----	< 0,0000135	< 0,0000135

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 031A23CC





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por LOPEZ SILVA Raul Ernesto FAU 20520711865 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 06/09/2022

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

Cuadro N° 02: Resultados Monitoreo Rio Pasacancha – Año 2019

Table with 6 columns: Parameter, Unit, Cat.3-D1, Cat.3-D2, RPasa1, RPasa2. It lists various chemical and microbiological parameters for water quality monitoring in Rio Pasacancha, 2019.

Fuente: Módulo de Calidad – DGERH/SNIRH

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash
T: 043-451273
www.gob.pe/ana
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url:http://sisged.ana.gob.pe/consultas e ingresando la siguiente clave : 031A23CC





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
 "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"  
 "Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"  
**Cuadro N° 03: Resultados Monitoreo Rio Pasacancha – Año 2020**

		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultado	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RPasal	RPasa2
Nombre del Cuerpo de Agua				Río	Río
Fecha monitoreo		DD/MM/	DD/MM/YY	24/11/2020	24/11/2020
Hora Monitoreo		hh:mm	hh:mm	10:00	11:20
Nro del Informe del Ensayo analítico				59882-2020	59882-2020
Departamento				ANCASH	ANCASH
PARAMETROS	UNIDAD	Cat.3-D1	Cat.3-D2	RPasal	RPasa2
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<=5	<=10	< 0.1	< 0.1
Amoniacio-N	mg/L	----	----	----	----
Bicarbonatos	mg/L	<=518	----	2.2	< 1.2
Caudal	L/s	----	----	0.12	0.08
Cianuro Libre	mg/L	----	----	----	----
Cianuro WAD	mg/L	<=0.1	<=0.1	< 0.001	< 0.001
Cloruros	mg/L	<=500	----	2.347	0.28
Conductividad	(µS/cm)	<=2500	<=5000	636.5	545.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	<=15	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<=40	<=40	7	< 2
Detergentes (SAAM)	mg/L	<=0.2	<=0.5	< 0.002	< 0.002
Fósforo Total	mg/L	----	----	----	----
Hierro disuelto	mg/L	----	----	----	----
Nitratos (NO3-)	mg/L	----	----	0.726	0.152
Nitratos (NO3-N)-Nitratos (NO2-N)	mg/L	<=100	<=100	0.164	0.034
Nitratos-N	mg/L	----	----	0.164	0.034
Nitratos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0.015	< 0.015
Nitratos-N	mg/L	<=10	<=10	< 0.004	< 0.004
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	6.8	5.7
pH	Unidad de PH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	<b>6.1</b>	<b>3.3</b>
Sulfatos	mg/L	<=1000	<=1000	304.2	187.4
Sulfuros	mg/L	----	----	----	----
Temperatura	°C	±3	±3	14.3	17.9
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<=5	<=5	<b>6.256</b>	<b>7.526</b>
Aluminio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Antimonio	mg/L	----	----	0.0006	0.0072
Antimonio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Arsenico	mg/L	<=0.1	<=0.2	0.0028	<b>0.2462</b>
Arsenico Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Bario	mg/L	<=0.7	----	0.0345	0.0208
Bario Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Berilio	mg/L	<=0.1	<=0.1	0.0006	0.0004
Berilio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Bismuto	mg/L	----	----	< 0.0002	< 0.0002
Bismuto Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Boro	mg/L	<=1	<=5	0.049	0.017
Boro Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Cadmio	mg/L	<=0.01	<=0.05	<b>0.01999</b>	<b>0.02727</b>
Cadmio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Calcio	mg/L	----	----	64.73	214
Calcio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Cobalto	mg/L	<=0.05	<=1	0.0223	0.0254
Cobalto Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Cobre	mg/L	<=0.2	<=0.5	<b>0.3145</b>	<b>0.5267</b>
Cobre Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Cromo	mg/L	----	----	----	----
Cromo Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Cromo Total	mg/L	<=0.1	<=1	0.0015	0.0018
Estaino	mg/L	----	----	0.0021	0.0023
Estaino Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Estroncio	mg/L	----	----	0.5591	0.0974
Estroncio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Fósforo Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Hierro	mg/L	<=5	----	0.742	<b>28.86</b>
Litio	mg/L	<=2.5	<=2.5	0.023	0.0132
Litio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Magnesio	mg/L	----	<=250	26.45	7.69
Magnesio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Manganeso	mg/L	<=0.2	<=0.2	<b>1.284</b>	<b>1.185</b>
Manganeso Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Mercurio	mg/L	<=0.001	<=0.01	< 0.00005	< 0.00005
Mercurio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Molibdeno	mg/L	----	----	0.0011	0.0009
Molibdeno Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Niquel	mg/L	<=0.2	<=1	0.022	0.0261
Niquel Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Plata	mg/L	----	----	< 0.00008	0.00144
Plata Disuelta	mg/L	----	----	----	----
Plomo	mg/L	<=0.05	<=0.05	<b>0.0514</b>	<b>0.1154</b>
Plomo Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Potasio	mg/L	----	----	2.5	1.43
Potasio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Selenio	mg/L	<=0.02	<=0.05	0.0016	< 0.0006
Selenio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Silicio	mg/L	----	----	9.4	10
Silicio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Sodio	mg/L	----	----	19.37	3.25
Sodio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Talio	mg/L	----	----	< 0.0002	< 0.0002
Talio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Titanio	mg/L	----	----	< 0.0005	0.0033
Titanio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Uranio	mg/L	----	----	0.0005	< 0.0002
Uranio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Vanadio	mg/L	----	----	< 0.0002	0.0006
Vanadio Disuelto	mg/L	----	----	----	----
Zinc	mg/L	<=2	<=24	<b>6.142</b>	<b>10.36</b>
Zinc Disuelto	mg/L	----	----	----	----
<b>MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<=1000	<=1000	< 1.8	< 1.8
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	< 1.8	< 1.8
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	----	< 1	< 1

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash  
 T: 043-451273  
 www.gob.pe/ana  
 www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 031A23CC





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Cuadro N° 04: Resultados Monitoreo Rio Pasacancha – Año 2021

		Categoría 3			
		ECA-AGUA		Resultado	
		Cat.3-D1	Cat.3-D2	RPasa1	RPasa2
Nombre del Cuerpo de Agua				Río	Río
Fecha monitoreo				21/09/2021	20/09/2021
Hora Monitoreo				10:45	10:30
Nro del Informe del Ensayo analítico				56140-2021	55867-2021
Departamento				ANCASH	ANCASH
PARAMETROS	UNIDAD	Cat.3-D1	Cat.3-D2	RPasa1	RPasa2
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	<=5	<=10	< 0,1	< 0,1
Amoniaco-N	mg/L	----	----	----	----
Bicarbonatos	mg/L	<=518	----	2,3	< 1,2
Caudal	L/s	----	----	0,06	0,04
Cianuro Libre	mg/L	----	----	----	----
Cianuro WAD	mg/L	<=0,1	<=0,1	< 0,001	< 0,001
Cloruros	mg/L	<=500	----	1,833	0,248
Conductividad	(µS/cm)	<=2500	<=5000	532,5	469,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<=15	<=15	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<=40	<=40	< 2	8
Detergentes (SAAM)	mg/L	<=0,2	<=0,5	< 0,002	< 0,002
Fósforo Total	mg/L	----	----	0,009	0,063
Nitratos (NO3-)	mg/L	----	----	0,647	0,216
Nitratos (NO3-N)+Nitritos (NO2-N)	mg/L	<=100	<=100	0,146	0,049
Nitratos-N	mg/L	----	----	0,146	0,049
Nitritos (NO2-)	mg/L	----	----	< 0,015	< 0,015
Nitritos-N	mg/L	<=10	<=10	< 0,004	< 0,004
Nitrógeno Total	mg/L	----	----	0,2	0,097
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 4	= 5	5,639	6,314
pH	Unidad de PH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	6,643	<b>8,455</b>
Sulfatos	mg/L	<=1000	<=1000	236,7	150,7
Sulfuros	mg/L	----	----	----	----
Temperatura	°C	±3	±3	18,01	13,323
<b>INORGANICOS</b>					
Aluminio	mg/L	<=5	<=5	4,388	<b>5,228</b>
Antimonio	mg/L	----	----	0,0003	< 0,0002
Arsénico	mg/L	<=0,1	<=0,2	0,0028	0,055
Bario	mg/L	<=0,7	----	0,0318	0,0176
Berilio	mg/L	<=0,1	<=0,1	0,0004	0,0005
Bismuto	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Boro	mg/L	<=1	<=5	0,043	0,014
Cadmio	mg/L	<=0,01	<=0,05	<b>0,01735</b>	<b>0,02879</b>
Calcio	mg/L	----	----	47,29	17,6
Cobalto	mg/L	<=0,05	<=1	0,0178	0,0178
Cobre	mg/L	<=0,2	<=0,5	0,1722	<b>0,3321</b>
Cromo Total	mg/L	<=0,1	<=1	< 0,0007	< 0,0007
Estaño	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Estroncio	mg/L	----	----	0,4297	0,0846
Hierro	mg/L	<=5	----	0,781	<b>12,12</b>
Litio	mg/L	<=2,5	<=2,5	0,0191	0,0119
Magnesio	mg/L	----	<=250	18,86	5,715
Manganeso	mg/L	<=0,2	<=0,2	<b>1,092</b>	<b>0,8578</b>
Mercurio	mg/L	<=0,001	<=0,01	< 0,00005	< 0,00005
Molibdeno	mg/L	----	----	0,0008	< 0,0002
Niquel	mg/L	<=0,2	<=1	0,0182	0,0189
Plata	mg/L	----	----	< 0,00008	< 0,00008
Plomo	mg/L	<=0,05	<=0,05	0,0211	0,0126
Potasio	mg/L	----	----	2,07	1,07
Selenio	mg/L	<=0,02	<=0,05	0,0013	< 0,0006
Silicio	mg/L	----	----	8,9	8,3
Sodio	mg/L	----	----	13,91	2,62
Talio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Titanio	mg/L	----	----	0,0021	< 0,0005
Uranio	mg/L	----	----	0,0003	< 0,0002
Vanadio	mg/L	----	----	< 0,0002	< 0,0002
Zinc	mg/L	<=2	<=24	<b>4,878</b>	<b>7,716</b>
<b>MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<=1000	<=1000	< 1,8	< 1,8
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	----	< 1,8	< 1,8
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	----	< 1	< 1

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH

Jr. Primavera 270 Barrio  
Convento - Pomabamba -  
Ancash  
T: 043-451273  
www.gob.pe/ana  
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 031A23CC





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
 “Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

El Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua, se describe a continuación; para los años 2018, 2019, 2020 y 2021, la Unidad Hidrográfica, al que corresponde la ALA Pomabamba, el nombre del cuerpo de agua de donde se extrajo da muestra, el código del punto de monitoreo, la descripción del lugar de donde se extrajo la muestra, la categoría que le corresponde de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Categoría 3.

Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua 2018

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Plomo
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Hierro
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Arsénico
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Cobre
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Oxígeno Disuelto
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Hierro
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cobre

Jr. Primavera 270 Barrio Convento - Pomabamba - Ancash  
 T: 043-451273  
[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)  
[www.gob.pe/midagri](http://www.gob.pe/midagri)

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S.070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: [Url:http://sisged.ana.gob.pe/consultas](http://sisged.ana.gob.pe/consultas) e ingresando la siguiente clave : 031A23CC





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua - 2019

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Hierro
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cobre



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua 2020**

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Cobre
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Plomo
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Plomo
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Hierro
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cobre
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Arsénico



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”  
“Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú”

**Resumen de los parámetros que transgreden los ECA – Agua 2021**

Unidad Hidrográfica	Nombre del Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Categoría	Parámetros que transgreden el ECA - Agua
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Zinc
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cobre
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Hierro
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Manganeso
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Aluminio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Cadmio
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	pH
49899	Río Pasacancha	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	Cat.3	Zinc

En el Cuadro N° 05, se describe los puntos de Monitoreo del Río Pasacancha, actualizado de acuerdo con el Módulo de la DCERH/SNIRH.

**Cuadro N° 05: Puntos de Monitoreo en el Río Pasacancha**

JURISDICCIÓN	CLASIFICACION	CÓDIGO FINAL	DESCRIPCION	Este	Norte	Altitud
Interoeuencia Alto Marañón Y (Jurisdicción de la ALA Pomabamba)	Cat.3	RPasa2	Río Pasacancha, aguas arriba del puente Pasacancha, en el centro poblado Pasacancha.	207726	9048223	3151
		RPasa1	Río Pasacancha, aguas arriba de la confluencia con río Sihuas.	213642	9050526	2608

Fuente: Módulo de Calidad – DCERH/SNIRH



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

La difusión de los resultados de los monitores se realiza al finalizar el trabajo de campo y el informe técnico realizado de acuerdo al Módulo de la DECRH/SNIRH, comprende una descripción de los resultados como los descritos en los cuadros anteriores, no hay nuevos resultados.

#### IV. CONCLUSIONES

De ha descrito y sustentado la información requerida de los resultados del monitoreo de los puntos RPasa1 y RPasa2 en el rio Pasacancha, de los años 2018 al 2021.

#### V. RECOMENDACIONES

Remitir una copia del presente informe al e-mail [ambiental.morenoacero@gmail.com](mailto:ambiental.morenoacero@gmail.com), de la señorita Celia Moreno Acero, en atención a su solicitud.

#### VI. ANEXO

Informe\_Ensayo\_70796-2019  
MEMORANDO 131-2021-ANA-DCERH

Atentamente,

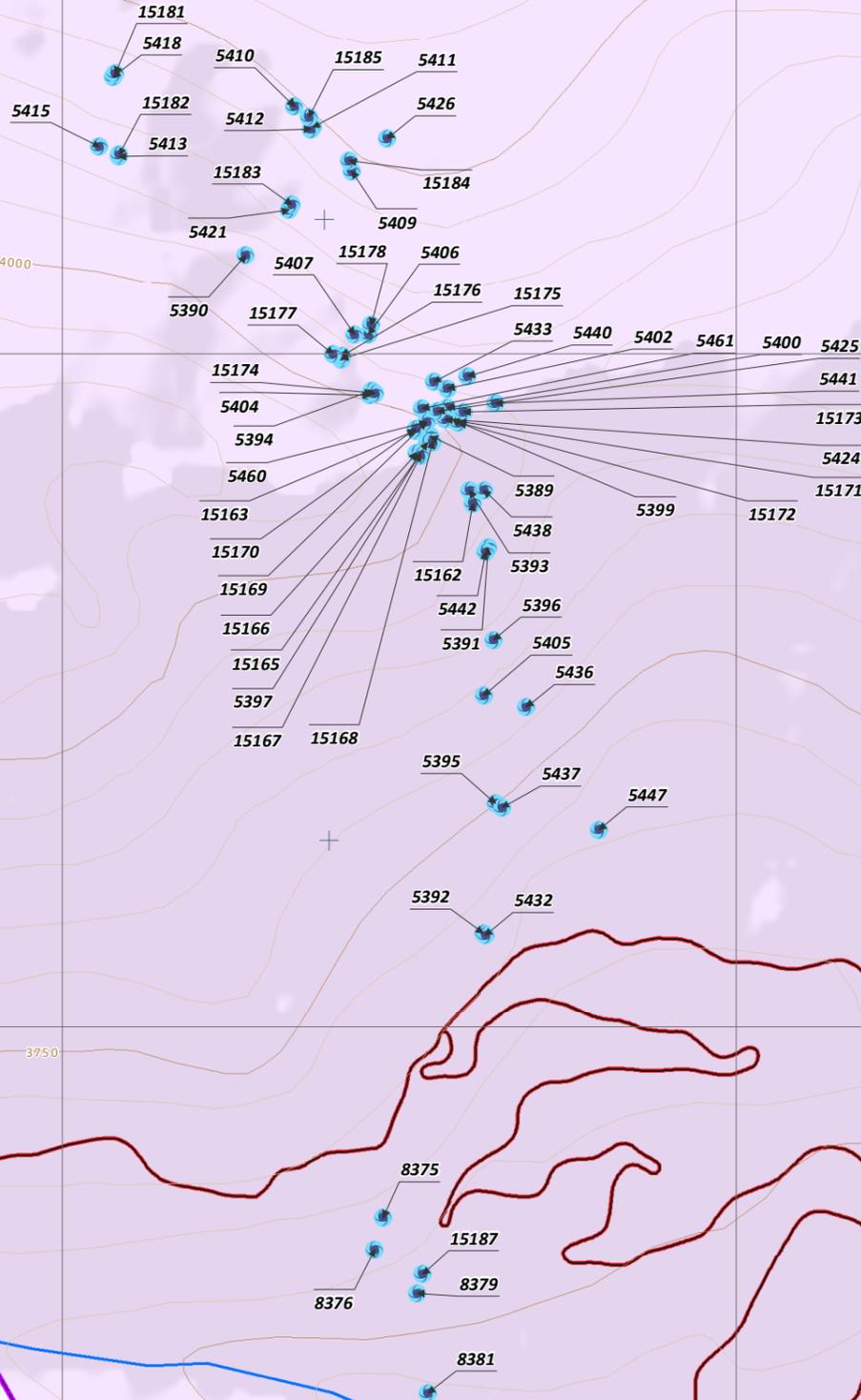
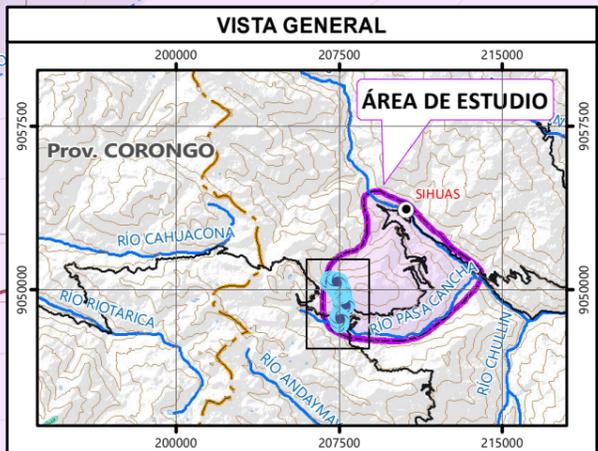
**FIRMADO DIGITALMENTE**

**RAUL ERNESTO LOPEZ SILVA**  
PROFESIONAL  
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA POMABAMBA

**ANEXO 10: MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES  
MINEROS**

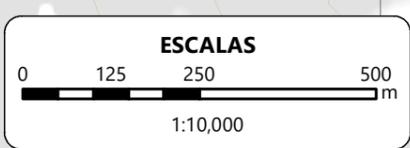
**PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA PROVINCIA DE SIHUAS**

ID	COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 18 SUR	
	ESTE	NORTE
5389	207 547	9 049 877
5390	207 272	9 050 145
5391	207 632	9 049 712
5392	207 625	9 049 139
5393	207 605	9 049 796
5394	207 460	9 049 945
5395	207 643	9 049 332
5396	207 640	9 049 575
5397	207 542	9 049 868
5399	207 579	9 049 902
5400	207 572	9 049 919
5402	207 572	9 049 948
5404	207 457	9 049 938
5405	207 626	9 049 492
5406	207 455	9 050 028
5407	207 434	9 050 028
5409	207 430	9 050 271
5410	207 345	9 050 367
5411	207 372	9 050 336
5412	207 369	9 050 333
5413	207 085	9 050 292
5415	207 055	9 050 307
5418	207 076	9 050 410
5421	207 337	9 050 213
5424	207 569	9 049 902
5425	207 557	9 049 914
5426	207 483	9 050 319
5432	207 628	9 049 136
5433	207 552	9 049 958
5436	207 689	9 049 475
5437	207 653	9 049 326
5438	207 626	9 049 797
5440	207 602	9 049 966
5441	207 643	9 049 926
5442	207 628	9 049 705
5447	207 797	9 049 293
5460	207 541	9 049 898
5461	207 534	9 049 918
8375	207 477	9 048 717
8376	207 464	9 048 669
8379	207 527	9 048 604
8381	207 543	9 048 456
15162	207 610	9 049 777
15163	207 524	9 049 885
15165	207 532	9 049 852
15166	207 526	9 049 852
15167	207 532	9 049 849
15168	207 550	9 049 869
15169	207 541	9 049 898
15170	207 525	9 049 888
15171	207 589	9 049 899
15172	207 589	9 049 897
15173	207 596	9 049 913
15174	207 465	9 049 941
15175	207 414	9 049 992
15176	207 416	9 049 997
15177	207 402	9 049 999
15178	207 459	9 050 042
15181	207 079	9 050 415
15182	207 085	9 050 295
15183	207 341	9 050 221
15184	207 426	9 050 286
15185	207 366	9 050 351
15187	207 535	9 048 633



**LEYENDA**

- PASIVO AMBIENTAL MINERO
- CENTRO POBLADO
- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- RÍOS
- - - QUEBRADAS
- VÍAS
- LÍMITE PROVINCIAL
- LÍMITE DISTRITAL
- ÁREA DE ESTUDIO



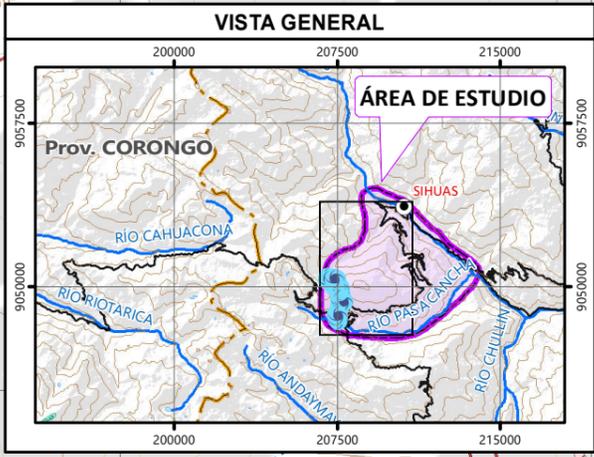
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**TESIS:** RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS

**TÍTULO:** MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA PROVINCIA DE SIHUAS

<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> SETIEMBRE 2022	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b> MAPA 02
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		

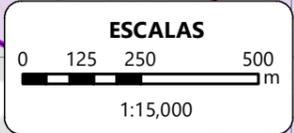
**ANEXO 11: MAPA DE DISTANCIA DE LOS PASIVOS AMBIENTALES  
MINEROS HACIA EL DISTRITO DE SIHUAS**



ID	COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 18 SUR		DISTANCIA AL DISTRITO DE SIHUAS* (km)
	ESTE	NORTE	
5389	207 547	9 049 877	4.85
5390	207 272	9 050 145	4.83
5391	207 632	9 049 712	4.93
5392	207 625	9 049 139	5.41
5393	207 605	9 049 796	4.88
5394	207 460	9 049 945	4.85
5395	207 643	9 049 332	5.24
5396	207 640	9 049 575	5.04
5397	207 542	9 049 868	4.86
5399	207 579	9 049 902	4.81
5400	207 572	9 049 919	4.80
5402	207 572	9 049 948	4.78
5404	207 457	9 049 938	4.86
5405	207 626	9 049 492	5.11
5406	207 455	9 050 028	4.79
5407	207 434	9 050 028	4.81
5409	207 430	9 050 271	4.63
5410	207 345	9 050 367	4.62
5411	207 372	9 050 336	4.62
5412	207 369	9 050 333	4.63
5413	207 085	9 050 292	4.85
5415	207 055	9 050 307	4.87
5418	207 076	9 050 410	4.78
5421	207 337	9 050 213	4.73
5424	207 569	9 049 902	4.82
5425	207 557	9 049 914	4.82
5426	207 483	9 050 319	4.56
5432	207 628	9 049 136	5.41
5433	207 552	9 049 958	4.79
5436	207 689	9 049 475	5.09
5437	207 653	9 049 326	5.23
5438	207 626	9 049 797	4.87
5440	207 602	9 049 966	4.75
5441	207 643	9 049 926	4.75
5442	207 628	9 049 705	4.94
5447	207 797	9 049 293	5.18
5460	207 541	9 049 898	4.84
5461	207 534	9 049 918	4.83
8375	207 477	9 048 717	5.84
8376	207 464	9 048 669	5.89
8379	207 527	9 048 604	5.91
8381	207 543	9 048 456	6.03
15162	207 610	9 049 777	4.89
15163	207 524	9 049 885	4.86
15165	207 532	9 049 852	4.88
15166	207 526	9 049 852	4.88
15167	207 532	9 049 849	4.88
15168	207 550	9 049 869	4.86
15169	207 541	9 049 898	4.84
15170	207 525	9 049 888	4.86
15171	207 589	9 049 899	4.81
15172	207 589	9 049 897	4.81
15173	207 596	9 049 913	4.79
15174	207 465	9 049 941	4.85
15175	207 414	9 049 992	4.85
15176	207 416	9 049 997	4.84
15177	207 402	9 049 999	4.85
15178	207 459	9 050 042	4.78
15181	207 079	9 050 415	4.77
15182	207 085	9 050 295	4.85
15183	207 341	9 050 221	4.73
15184	207 426	9 050 286	4.62
15185	207 366	9 050 351	4.61
15187	207 535	9 048 633	5.88

\* Considerando la coordenada 210567 (E) y 9053675 (W) como distrito de Sihuas

- LEYENDA**
- PASIVO AMBIENTAL MINERO
  - CENTRO POBLADO
  - CAPITAL PROVINCIAL
  - CAPITALES DISTRITALES
  - CURVAS PRINCIPALES
  - CURVAS SECUNDARIAS
  - RÍOS
  - QUEBRADAS
  - VÍAS
  - CASCO URBANO
  - LÍMITE PROVINCIAL
  - LÍMITE DISTRITAL
  - ÁREA DE ESTUDIO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**TESIS:** RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS

**TÍTULO:** MAPA DE DISTANCIA DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS HASTA EL DISTRITO DE SIHUAS

<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> SETIEMBRE 2022	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b> MAPA 05

**FUENTE:** -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN  
 -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC

## ANEXO 12: FACTOR DE PELIGROSIDAD

**Tabla 96**

*Factor de peligrosidad por cada parámetro*

Parámetro	Afectación al medio ambiente y la salud	Escenario de riesgo	Factor de peligrosidad	
<b>Potencial de hidrógeno</b>	El pH mide el grado de acidez o alcalinidad del agua. Las aguas ácidas se caracterizan por causar una disminución en el pH, es decir, un aumento de la acidez, siempre asociado a una coloración ocre amarillenta de los lechos de ríos y lagos afectados y el incremento de la turbiedad de las aguas, esto genera daños leves y reversibles.	Generación de aguas ácidas	1	Daños leve y reversible
<b>Sulfatos</b>	Los procesos de oxidación en la actividad minera, genera un incremento del ion sulfato en los cuerpos de agua. En el organismo humano provocan como efecto laxante que surge al ingerir una alta concentración de sulfato. El agua con concentraciones superiores a 1600 mg/litro de sulfatos produce diarrea en animales durante la primera semana. Después este efecto desaparece, por lo que los daños son daños leves y reversibles.	Generación de aguas ácidas	1	Daño leve y reversible
<b>Aluminio</b>	El aluminio produce daños irreversibles porque pone en riesgo la protección de la vida acuática, los animales que toman esta agua, los cultivos al ser regados y la salud de las personas al utilizar esta agua para usos domésticos. 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.	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles

**CONTINUACIÓN DE LA TABLA 96**

Parámetro	Afectación al medio ambiente y la salud	Escenario de riesgo	Factor de peligrosidad	
<b>Cadmio</b>	<p>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, tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales, lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas. En particular, se observó la aparición del cáncer de pulmón, a la próstata, y a los riñones.</p> <p>En las plantas afecta a su crecimiento, es tóxico para organismos acuáticos y algas.</p>	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles
<b>Cobre</b>	<p>El cobre se encuentra en concentraciones altas en aguas ácidas, causa daños al hígado, riñones, así como la irritación del estómago y del intestino, 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 a la supervivencia de las plantas y los animales pueden absorber concentraciones de cobre que dañan su salud.</p>	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles
<b>Hierro</b>	<p>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.</p> <p>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.</p>	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles

**CONTINUACIÓN DE LA TABLA 96**

Parámetro	Afectación al medio ambiente y la salud	Escenario de riesgo	Factor de peligrosidad	
<b>Manganeso</b>	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, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. Para los organismos acuáticos, es un agente tóxico; en las plantas causa la reducción de clorofila, proteínas y azúcar.	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles
<b>Mercurio</b>	<p>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.</p> <p>El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales puede ser convertirlo en metil mercurio y absorbido así rápidamente por la mayoría de los organismos dañando al sistema nervioso. Como consecuencia, el metil mercurio 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>	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles

**CONTINUACIÓN DE LA TABLA 96**

Parámetro	Afectación al medio ambiente y la salud	Escenario de riesgo	Factor de peligrosidad	
<b>Níquel</b>	El efecto perjudicial más común del níquel es a los pulmones. Las personas que trabajan en refinerías de níquel o plantas de procesamiento de níquel han experimentado bronquitis crónica y función pulmonar reducida, lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. Tiene efectos negativos sobre las plantas, como el cambio de color en las hojas y la disminución del crecimiento.	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles
<b>Plomo</b>	Puede causar perturbación de la biosíntesis de la hemoglobina, anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro. 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.	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles
<b>Zinc</b>	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, 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	Generación de drenaje	4	Daños irreversibles

## ANEXO 13: DATOS PROCESADOS EN EL SPSS

- a) **Media y desviación para la frecuencia de drenaje ácido de mina de los PAM**

### Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Probabilidad	64	,8438	,36596	,04575

- b) **Prueba de t de Student para la frecuencia de drenaje ácido de mina de los PAM**

### Prueba para una muestra

Valor de prueba = .52

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Probabilidad	7,077	63	,000	,32375	,2323	,4152

- c) **Datos a procesar para la población de Sihuas**

23:	N	Población	var													
1	1,00	373,00														
2	2,00	349,00														
3	3,00	327,00														
4	4,00	307,00														
5	5,00	287,00														
6	.	.														
7	.	.														
8	.	.														
9	.	.														
10	.	.														
11	.	.														
12	.	.														
13	.	.														
14	.	.														
15	.	.														
16	.	.														
17	.	.														
18	.	.														
19	.	.														
20	.	.														
21	.	.														
22	.	.														
23	.	.														

d) **Media y desviación para la población de Sihuas**

**Estadísticas para una muestra**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Población	5	328,6000	33,86444	15,14464

e) **Prueba de t de Student para la población de Sihuas**

**Prueba para una muestra**

Valor de prueba = 100

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Población	15,094	4	,000	228,60000	186,5517	270,6483

f) **Datos a procesar para el patrimonio y cultural productivo**

Visible: 2 de 2 variables

	N	PCP	var													
1	1,00	9,10														
2	2,00	54,54														
3	3,00	36,36														
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

g) **Media y desviación para el patrimonio y cultural productivo**

**Estadísticas para una muestra**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
PCP	3	33,3333	22,87070	13,20440

**h) Prueba de t de Student para el patrimonio y cultural productivo**

**Prueba para una muestra**  
Valor de prueba = 50

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PCP	-1,262	2	,334	-16,66667	-73,4806	40,1473

**i) Datos a procesar para el riesgo ambiental en RSihu3**

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos interface. The data grid has 23 rows and 16 columns. The first three rows contain data for 'Significancia' and 'var'. The first row has values 1.00 for Significancia and 1.00 for var. The second row has 2.00 for Significancia and .00 for var. The third row has 3.00 for Significancia and 1.00 for var. The rest of the grid is empty.

**j) Media y desviación para el riesgo ambiental en RSihu3**

**Estadísticas para una muestra**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Significancia	3	,6667	,57735	,33333

**k) Prueba de t de Student para el riesgo ambiental en RSihu3**

**Prueba para una muestra**  
Valor de prueba = 1

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Significancia	-1,000	2	,423	-,33333	-1,7676	1,1009

l) **Datos a procesar para el riesgo ambiental en RPasa1**

	N	Significancia	var											
1	1,00	1,00												
2	2,00	,00												
3	3,00	1,00												
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														

m) **Media y desviación para el riesgo ambiental en RPasa1**

**Estadísticas para una muestra**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Significancia	3	,6667	,57735	,33333

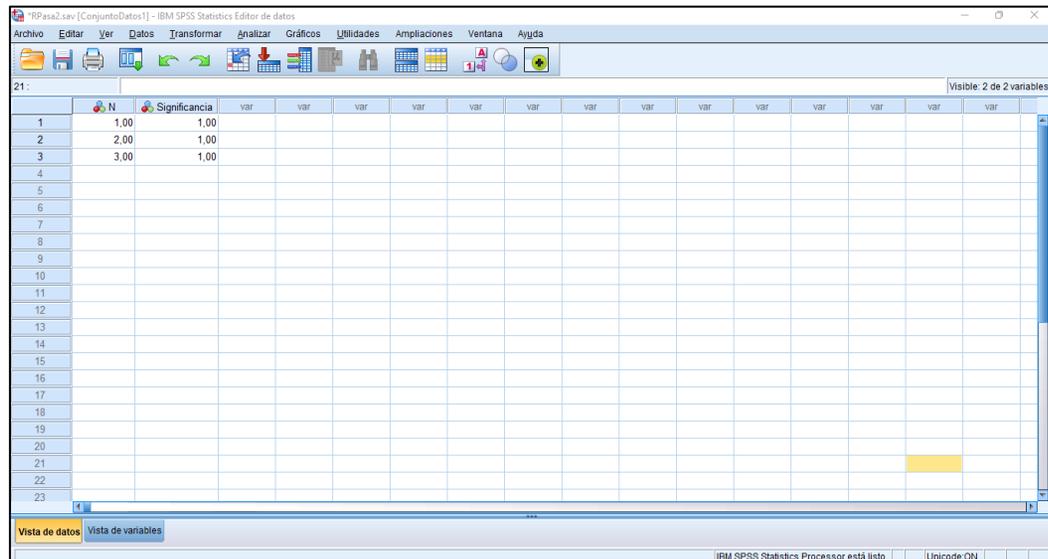
n) **Prueba de t de Student para el riesgo ambiental en RPasa1**

**Prueba para una muestra**

Valor de prueba = 1

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Significancia	-1,000	2	,423	-,33333	-1,7676	1,1009

o) **Datos a procesar para el riesgo ambiental en RPasa2**



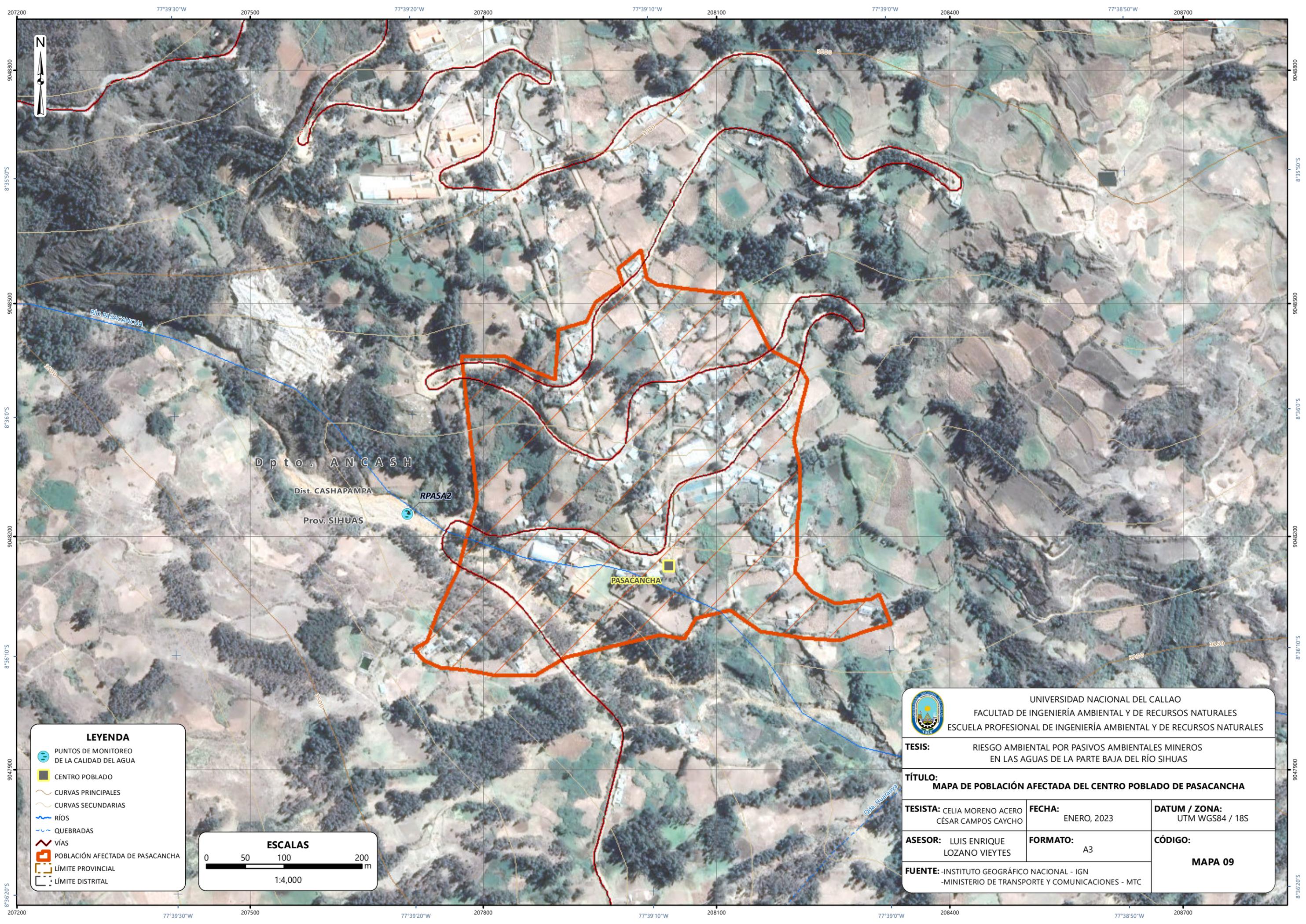
p) **Media y desviación para el riesgo ambiental en RPasa2**

**Estadísticas para una muestra**

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Significancia	3	1,0000	,00000 <sup>a</sup>	,00000

a. t no se puede calcular porque la desviación estándar es 0.

**ANEXO 14: MAPA DE POBLACIÓN AFECTADA DEL CENTRO  
POBLADO DE PASACANCHA**



D p t o . A N C A S H  
 Dist. CASHAPAMPA  
 Prov. SIHUAS

RPASA2

PASACANCHA

Cda. Huaraypa

**LEYENDA**

- PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
- CENTRO POBLADO
- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- RÍOS
- QUEBRADAS
- VÍAS
- POBLACIÓN AFECTADA DE PASACANCHA
- LÍMITE PROVINCIAL
- LÍMITE DISTRITAL

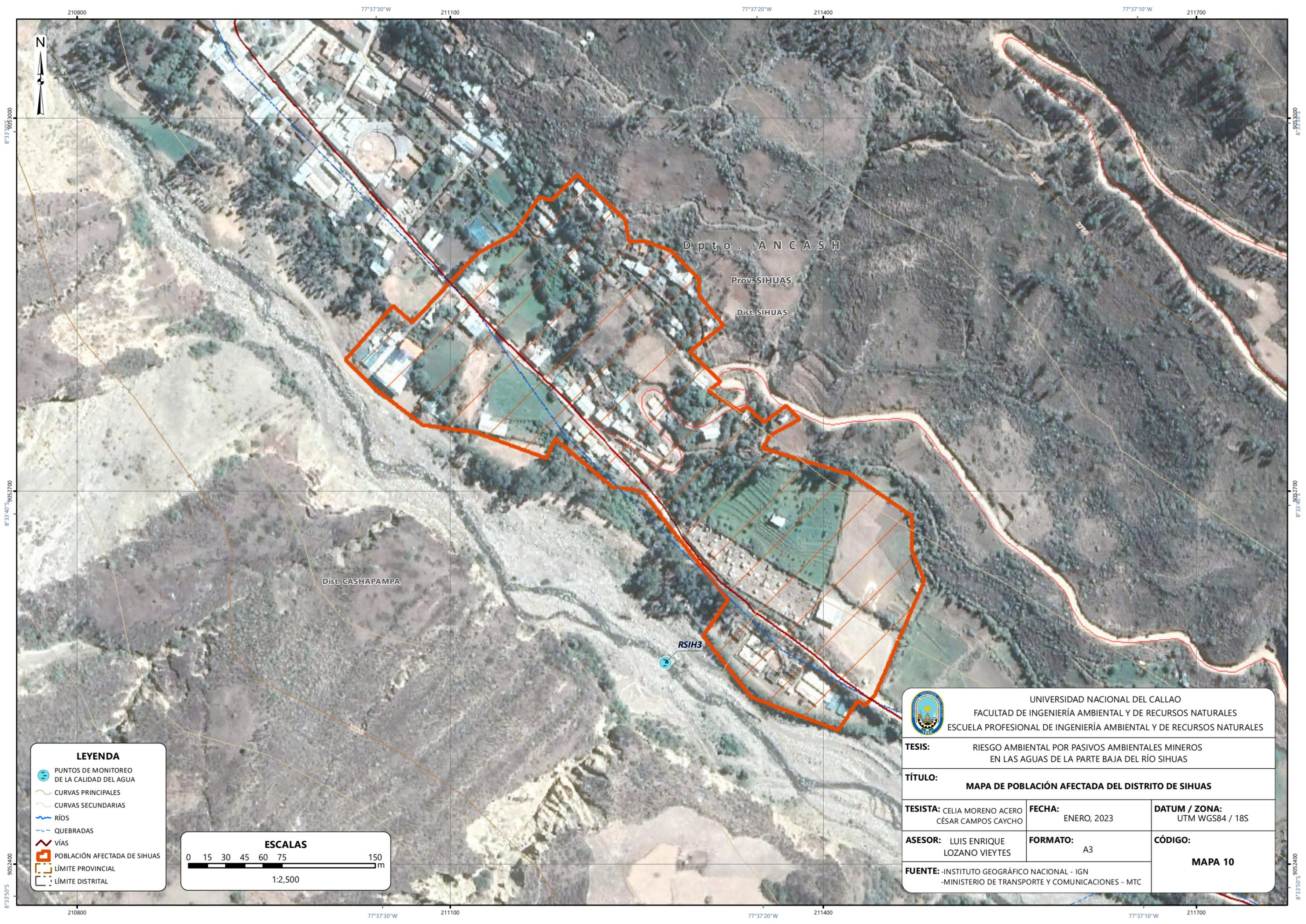
**ESCALAS**

0 50 100 200 m

1:4,000

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
<b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS		
<b>TÍTULO:</b> MAPA DE POBLACIÓN AFECTADA DEL CENTRO POBLADO DE PASACANCHA		
<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> ENERO, 2023	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b>
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		<b>MAPA 09</b>

**ANEXO 15: MAPA DE POBLACIÓN AFECTADA DEL DISTRITO DE  
SIHUAS**



D p t o . A N C A S H  
 P r o v . S I H U A S  
 D i s t . S I H U A S

Dist. CASHAPAMPA

RSIH3

**LEYENDA**

-  PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
-  CURVAS PRINCIPALES
-  CURVAS SECUNDARIAS
-  RÍOS
-  QUEBRADAS
-  VÍAS
-  POBLACIÓN AFECTADA DE SIHUAS
-  LÍMITE PROVINCIAL
-  LÍMITE DISTRITAL

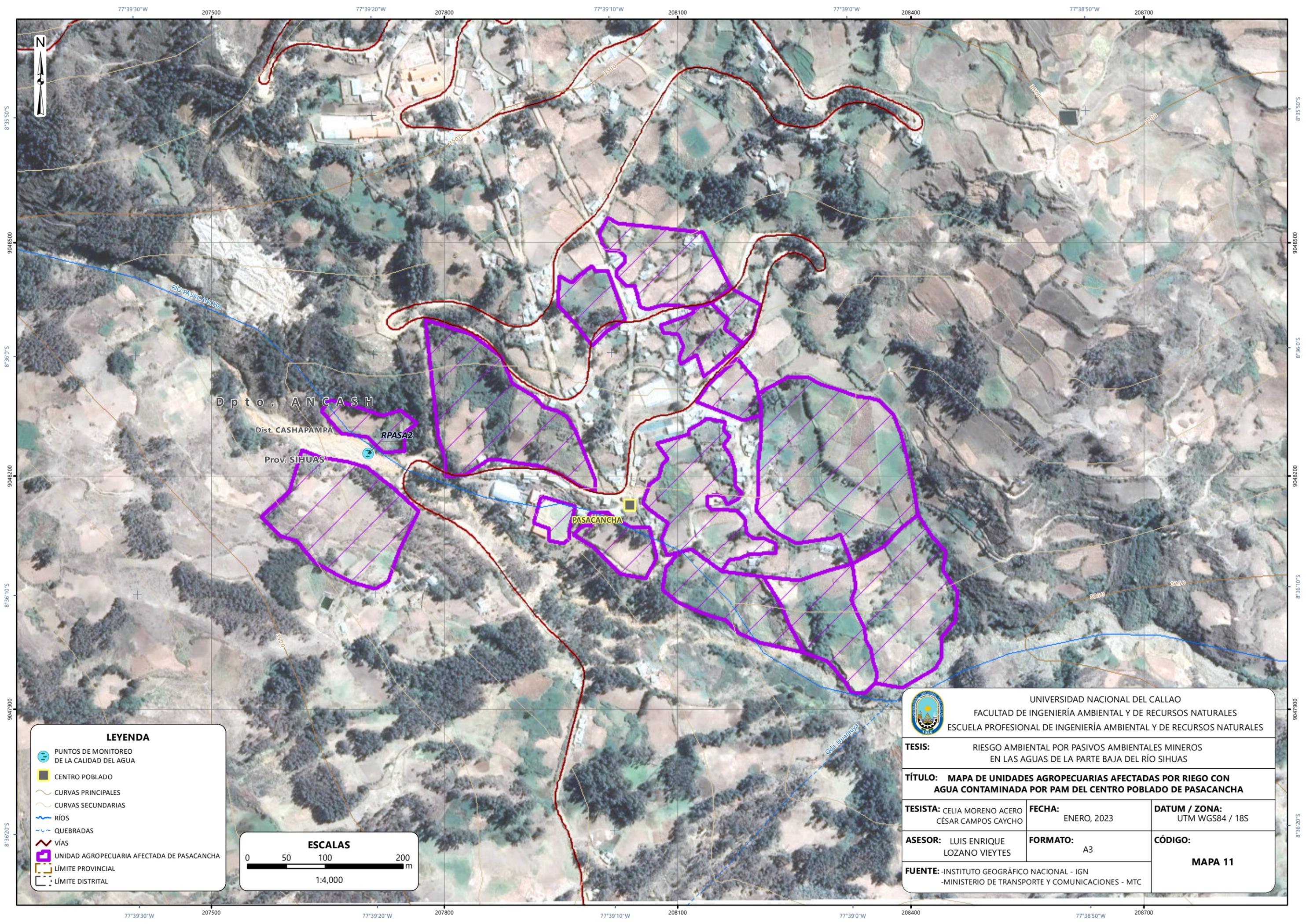
**ESCALAS**

0 15 30 45 60 75 150 m

1:2,500

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
<b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS		
<b>TÍTULO:</b> MAPA DE POBLACIÓN AFECTADA DEL DISTRITO DE SIHUAS		
<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> ENERO, 2023	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b> MAPA 10
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		

**ANEXO 16: MAPA DE UNIDADES AGROPECUARIAS AFECTADAS  
POR RIEGO CON AGUA CONTAMINADA POR PAM DEL CENTRO  
POBLADO DE PASACANCHA**



**LEYENDA**

-  PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
-  CENTRO POBLADO
-  CURVAS PRINCIPALES
-  CURVAS SECUNDARIAS
-  RÍOS
-  QUEBRADAS
-  VÍAS
-  UNIDAD AGROPECUARIA AFECTADA DE PASACANCHA
-  LÍMITE PROVINCIAL
-  LÍMITE DISTRITAL

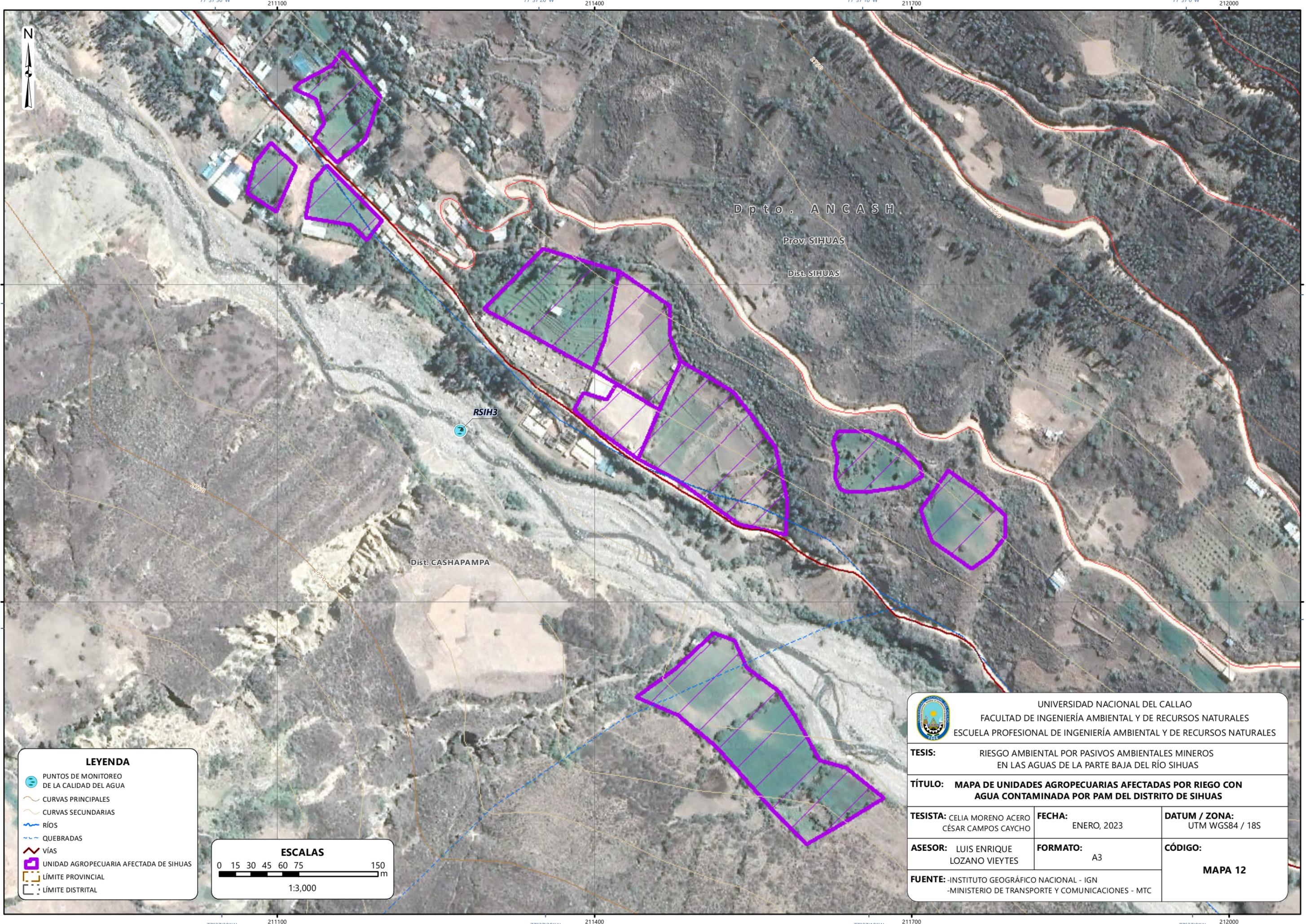
**ESCALAS**

0 50 100 200 m

1:4,000

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO          FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES          ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES</p>		
<p><b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS</p>		
<p><b>TÍTULO:</b> MAPA DE UNIDADES AGROPECUARIAS AFECTADAS POR RIESGO CON AGUA CONTAMINADA POR PAM DEL CENTRO POBLADO DE PASACANCHA</p>		
<p><b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO</p>	<p><b>FECHA:</b> ENERO, 2023</p>	<p><b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S</p>
<p><b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES</p>	<p><b>FORMATO:</b> A3</p>	<p><b>CÓDIGO:</b> MAPA 11</p>
<p><b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC</p>		

**ANEXO 17: MAPA DE UNIDADES AGROPECUARIAS AFECTADAS  
POR RIEGO CON AGUA CONTAMINADA POR PAM DEL DISTRITO DE  
SIHUAS**



**LEYENDA**

-  PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
-  CURVAS PRINCIPALES
-  CURVAS SECUNDARIAS
-  RÍOS
-  QUEBRADAS
-  VÍAS
-  UNIDAD AGROPECUARIA AFECTADA DE SIHUAS
-  LÍMITE PROVINCIAL
-  LÍMITE DISTRITAL

**ESCALAS**

0 15 30 45 60 75 150 m

1:3,000

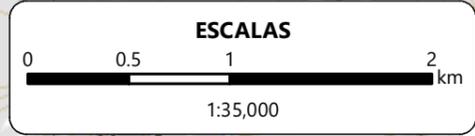
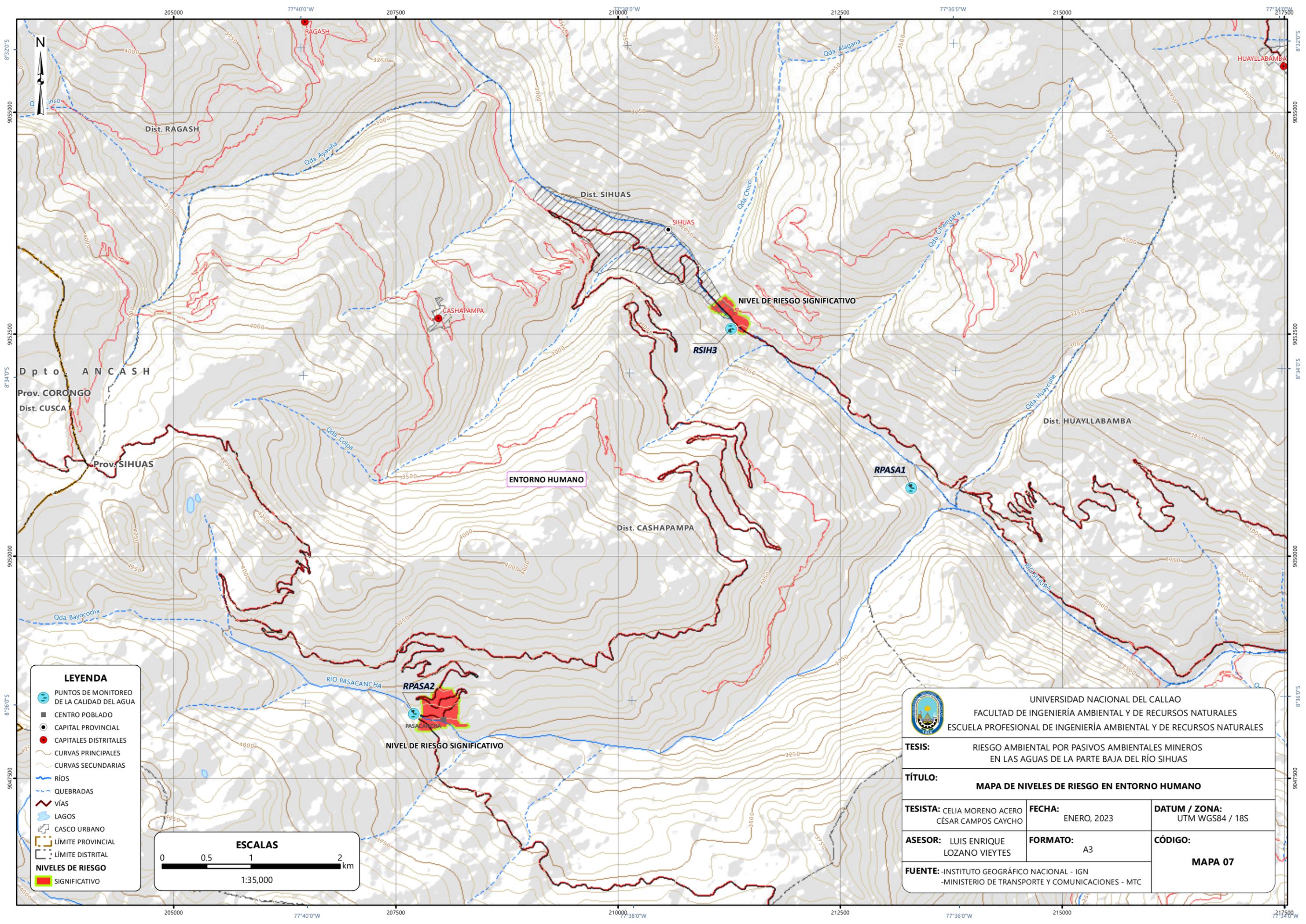
D p t o . A N C A S H  
 Prov. SIHUAS  
 Dist. SIHUAS

Dist. CASHAPAMPA

RSIH3

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
<b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS		
<b>TÍTULO:</b> MAPA DE UNIDADES AGROPECUARIAS AFECTADAS POR RIEGO CON AGUA CONTAMINADA POR PAM DEL DISTRITO DE SIHUAS		
<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> ENERO, 2023	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b>
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		<b>MAPA 12</b>

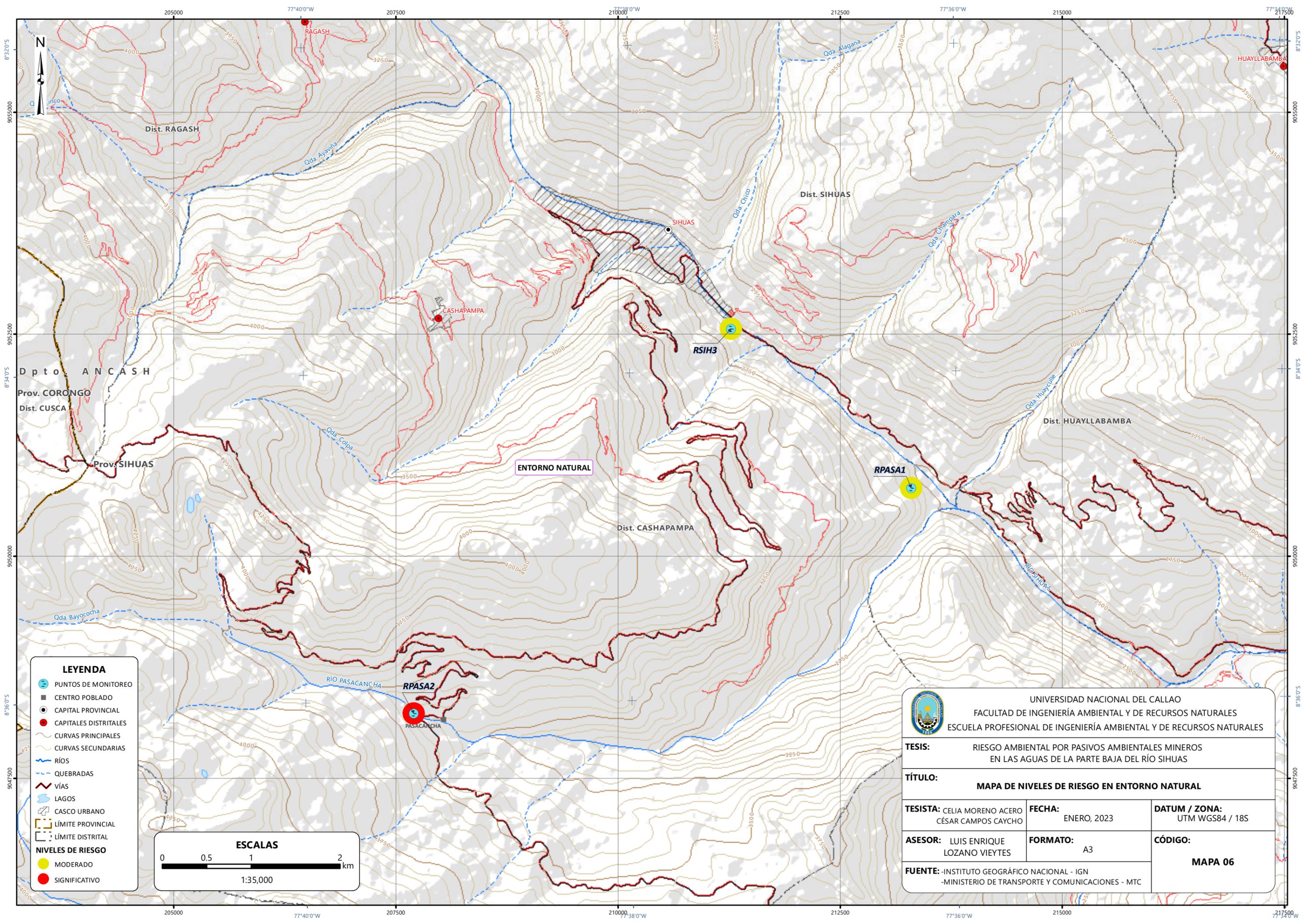
**ANEXO 18: MAPA DEL NIVEL DE RIESGO DEL ENTORNO HUMANO  
PARA RSIHU3, RPASA1 Y RPASA2**



- LEYENDA**
- PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
  - CENTRO POBLADO
  - CAPITAL PROVINCIAL
  - CAPITALES DISTRITALES
  - CURVAS PRINCIPALES
  - CURVAS SECUNDARIAS
  - RÍOS
  - QUEBRADAS
  - VÍAS
  - LAGOS
  - CASCO URBANO
  - LÍMITE PROVINCIAL
  - LÍMITE DISTRITAL
  - NIVELES DE RIESGO**
  - SIGNIFICATIVO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
<b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS		
<b>TÍTULO:</b> MAPA DE NIVELES DE RIESGO EN ENTORNO HUMANO		
<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> ENERO, 2023	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b>  <b>MAPA 07</b>
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		

**ANEXO 19: MAPA DEL NIVEL DE RIESGO DEL ENTORNO NATURAL  
PARA RSIHU3, RPASA1 Y RPASA2**

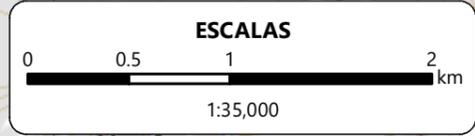


**LEYENDA**

- PUNTOS DE MONITOREO
- CENTRO POBLADO
- CAPITAL PROVINCIAL
- CAPITALES DISTRITALES
- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- RÍOS
- QUEBRADAS
- VÍAS
- LAGOS
- CASCO URBANO
- LÍMITE PROVINCIAL
- LÍMITE DISTRITAL

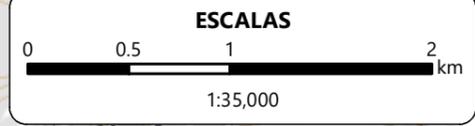
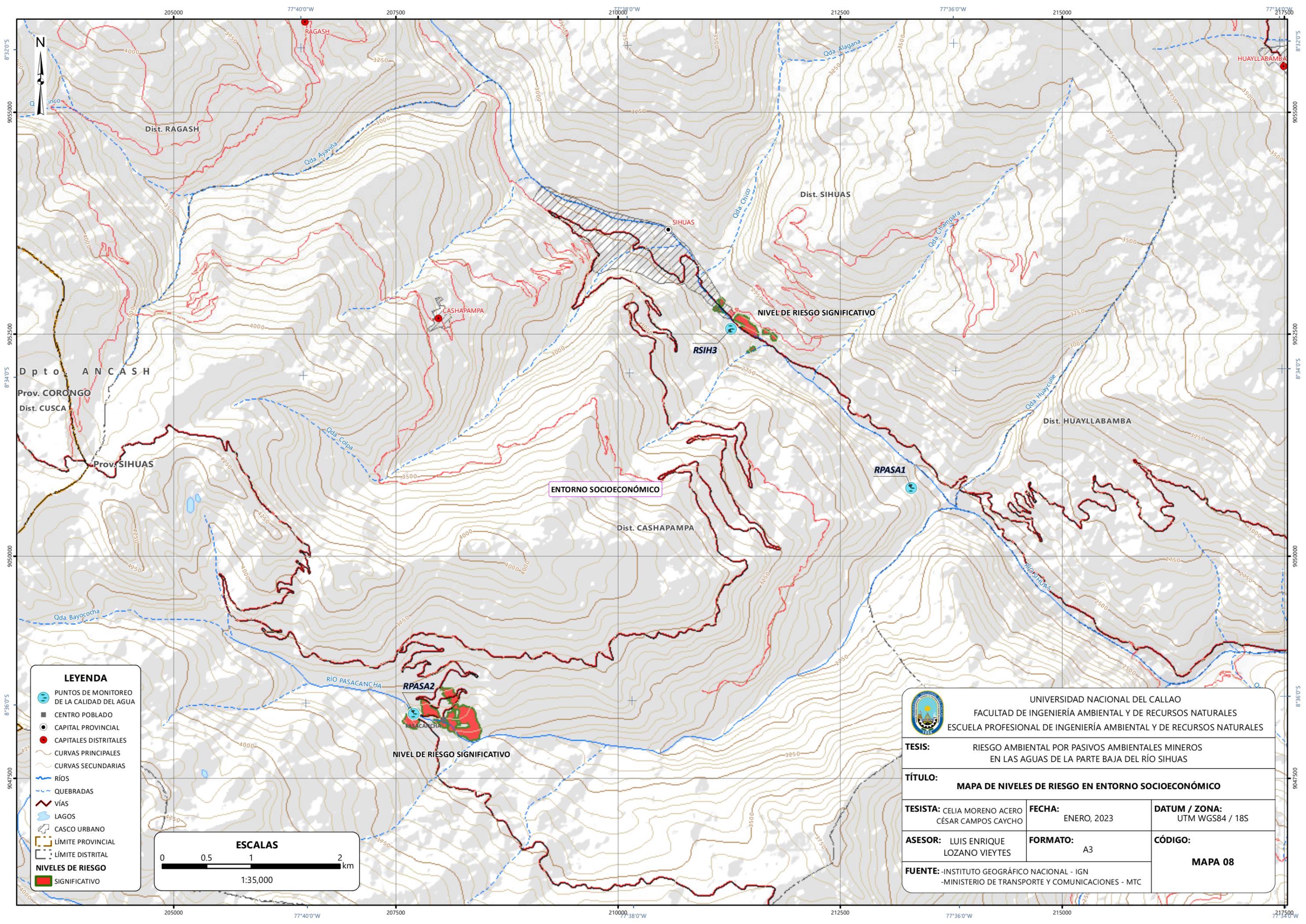
**NIVELES DE RIESGO**

- MODERADO
- SIGNIFICATIVO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES		
<b>TESIS:</b> RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS		
<b>TÍTULO:</b> MAPA DE NIVELES DE RIESGO EN ENTORNO NATURAL		
<b>TESISTA:</b> CELIA MORENO ACERO CÉSAR CAMPOS CAYCHO	<b>FECHA:</b> ENERO, 2023	<b>DATUM / ZONA:</b> UTM WGS84 / 18S
<b>ASESOR:</b> LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	<b>FORMATO:</b> A3	<b>CÓDIGO:</b> MAPA 06
<b>FUENTE:</b> -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC		

**ANEXO 20: MAPA DEL NIVEL DE RIESGO DEL ENTORNO  
SOCIOECONÓMICO PARA RSIHU3, RPASA1 Y RPASA2**



- LEYENDA**
- PUNTOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
  - CENTRO POBLADO
  - CAPITAL PROVINCIAL
  - CAPITALES DISTRITALES
  - CURVAS PRINCIPALES
  - CURVAS SECUNDARIAS
  - RÍOS
  - QUEBRADAS
  - VÍAS
  - LAGOS
  - CASCO URBANO
  - LÍMITE PROVINCIAL
  - LÍMITE DISTRITAL
  - NIVELES DE RIESGO**
  - SIGNIFICATIVO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**TESIS:** RIESGO AMBIENTAL POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS AGUAS DE LA PARTE BAJA DEL RÍO SIHUAS

**TÍTULO:** MAPA DE NIVELES DE RIESGO EN ENTORNO SOCIOECONÓMICO

**TESISTA:** CELIA MORENO ACERO  
 CÉSAR CAMPOS CAYCHO

**FECHA:** ENERO, 2023

**DATUM / ZONA:** UTM WGS84 / 18S

**ASESOR:** LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES

**FORMATO:** A3

**CÓDIGO:** MAPA 08

**FUENTE:** -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN  
 -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC