

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE AGUAS
ÁCIDAS GENERADO POR RESIDUOS MINEROS EN EL RÍO
CAÑARIS, ZONA DE ALGAMARCA – CAJABAMBA.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Presentado Por:

Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro

Asesor:

Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

Cajamarca – Perú

2021

AGRADECIMIENTO

la Universidad Nacional de Cajamarca, mi Alma Mater

A cada uno de los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica por transmitirnos sus conocimientos, por habernos formado con responsabilidad y empeño durante la época universitaria.

Asimismo, de una forma muy especial a mis padres, hermanas y amigos que de una u otra manera han apoyado en la realización de la presente tesis.

Al Dr. Crispín Zenón Quispe, Mamani asesor de la presente tesis profesional, por brindar su tiempo y apoyo en la revisión, sugerencias y sobre todo por su conocimiento.

DEDICATORIA

A Dios haberme dado la vida y la salud para lograr mis objetivos.

A mis padres Lilia y Santos; siendo mi fuente de inspiración que me brindaron su amor, apoyo, sacrificio incondicional y los mejores valores y principios

A mis hermanas, toda mi familia y amigos con quienes siempre en unión, con sus consejos ayudaron a la realización y culminación de esta tesis.

	ÍNDICE GENERAL	Pág.
AGRADECIMIENTO		ii
DEDICATORIA		iii
RESUMEN		x
ABSTRACT		xi
CAPÍTULO I		1
INTRODUCCIÓN		1
CAPÍTULO II		3
MARCO TEÓRICO		3
2.1 ANTECEDENTES.....		3
2.1.1 Antecedentes internacionales		3
2.1.2 Antecedentes Nacionales		4
2.1.3 Antecedentes Locales.....		7
2.2 BASES TEÓRICAS.....		8
2.2.1 Generación de Aguas ácidas.....		8
2.2.2 La oxidación de la pirita como origen de las aguas ácidas.....		8
2.2.3 Etapas en la formación de las aguas ácidas		8
2.2.5 Residuos mineros.....		13
2.2.6 Residuos sólidos (desmonte).		13
2.2.7 Riesgos y Daños Ambientales		13
2.2.8 Componentes Del Ambiente Natural		16
2.2.9 Evaluación de Riesgo.		18
2.2.10 Riesgo ambiental.		18
2.2.11 Límites máximos permisibles para agua (LMP).....		18
2.2.10 Estándares de calidad Ambiental para agua (ECA- Agua).....		19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS		22

	Pág.
CAPÍTULO III	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.2 ACCESIBILIDAD	25
3.3 CLIMA	26
3.3.1 Precipitación	26
3.3.2 Temperatura.....	27
3.4 VEGETACIÓN	29
3.5 CONTEXTO GEOLÓGICO	29
3.5.1 Geología Local	29
3.6 PROCEDIMIENTO	30
3.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.7.1 Tipo de investigación	33
3.7.2 Metodología de la Investigación.....	34
3.8 CUENCA DEL RÍO CRISNEJAS	34
3.8.1. Microcuenca del Río Cañaris	35
3.8.2. Estimación del riesgo Ambiental.....	36
a) Estimación de la probabilidad.....	37
b) Estimación de la consecuencia.....	38
b.1) Estimación de la consecuencia en la salud.....	38
b.2) Estimación de la consecuencia en la calidad del ambiente	41
b.3) Estimación de la consecuencia en la seguridad de la población	42
c) Estimación resultante de la consecuencia	44
c.1) De la consecuencia en la salud	44
c.2) De la Consecuencia en la calidad del ambiente.....	44
c.3) De la consecuencia en la seguridad de la población.....	45

	Pág.
d) Estimación Del Nivel Del Riesgo	45
3.8.3 Población de estudio	46
3.8.4 Muestra	46
3.8.5 Unidad de Análisis	46
3.9 DEFINICIÓN DE VARIABLES	46
3.9.1 Variables independientes	46
3.9.2 Variables Dependiente.....	47
3.9.3 Equipos y Materiales	47
3.9.3.1 Equipos	47
3.9.3.2 Materiales	47
CAPÍTULO IV.....	49
ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
4.1 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	49
4. 1.1 Aguas ácidas	49
4. 1.2 Estimación del nivel de riesgo ambiental de agua.....	53
4. 1.3 Resultados anteriores de muestreos de agua.	56
4.2. RESIDUOS MINEROS EN LA ZONA DEL RÍO CAÑARIS.....	57
4.3 RIESGO AMBIENTAL	59
4.3.1 Estimación del riesgo Ambiental en Residuos mineros	59
4.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	65
CAPÍTULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 CONCLUSIONES.....	66
5.2 RECOMENDACIONES	66

	Pág.
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXO I: FICHAS.....	70
ANEXO II: PLANOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Etapas en la formación de aguas ácidas (Aduvire, 2006).....	10
Figura N° 2: Ubicación del área de Investigación en el distrito de Cachachi.	24
Figura N° 3: Imagen satelital de la zona de estudio (Google Earth 2020)	25
Figura N° 4: Imagen satelital de accesibilidad a la zona de investigación.....	26
Figura N° 5. Gráfico de precipitación de lluvia mensual promedio.....	27
Figura N° 6. El gráfico muestra el promedio de la temperatura mínima (línea roja).....	28
Figura N° 7. El gráfico muestra la temperatura máxima (línea roja).	28
Figura N° 8: Esquema de procedimientos para la investigación.	33
Figura N° 9: Ubicación hidrográfica del río Cañaris (Google Earth, 2019)	35
Figura N° 10: Esquema de la metodología de la evaluación de Riesgo ambiental.	36
Figura N° 11: Calculo de la estimación de riesgo con ecuación 1	37
Figura N° 12: Calculo de la estimación de riesgo	53
Figura N° 13: Delimitación de residuos mineros en el río Cañaris.	57
Figura N° 14: Delimitación de residuo minero R1.....	58
Figura N° 15: Delimitación de residuo minero R2.....	58
Figura N° 16: Delimitación de residuo minero R3.....	58
Figura N° 17: Delimitación de residuo minero R4.....	59
Figura N° 18: Delimitación de residuo minero R5.....	59
Figura N° 19: Calculo de la estimación de riesgo.	60

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Vegetación en los márgenes del río Cañaris.	29
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1:Componentes y factores del medio Biótico.....	16
Tabla 2: Componentes y factores del medio físico o abiótico.....	17
Tabla 3: Límites máximos permisibles para agua (LMP)	19
Tabla 4: Valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.	20
Tabla 5. Vértices del área de estudio.....	25
Tabla 6. Accesibilidad.....	26
Tabla 7: Tipo de investigación	34
Tabla 8: Coordenadas geográficas de la cuenca Crisnejas	35
Tabla 9: Estimación de la probabilidad de ocurrencia	37
Tabla 10:Valoración del factor de cantidad.....	39
Tabla 11: Factor de peligrosidad.....	39
Tabla 12: Valores para actor de extensión.....	40
Tabla 13: Factor población potencialmente afectada	40
Tabla 14: Calidad del medio.....	41
Tabla 15: Valores del factor de accesibilidad.....	42
Tabla 16: Valores del factor de potencial de colapso.....	43
Tabla 17: Valores del factor de presencia de cercos	43
Tabla 18:Valores del factor potencia de derrames.....	44
Tabla 19:Valores de la estimación resultante de la consecuencia en la salud.....	44
Tabla 20:Estimación de la consecuencia en la calidad del ambiente	45
Tabla 21: Valoración asignada a la consecuencia en la seguridad de la población.....	45
Tabla 22: Determinación del nivel de riesgo.....	46
Tabla 23: Ubicación de puntos de muestreo de agua	50
Tabla 24: Resultados de los puntos de muestreo de agua, comparados con categoría D1..	50
Tabla 25: Resultados de los puntos de muestreo de agua, comparados con categoría D2..	51
Tabla 26: Resultados de muestreo de agua, comparados LMP	52
Tabla 27: Valoración de la probabilidad	53
Tabla 28: Valoración de las consecuencias en la salud	54
Tabla 29: Valoración de la consecuencia en la calidad del ambiente	54
Tabla 30: Valoración de la consecuencia en la seguridad de la población.....	55
Tabla 31: Valoración del nivel de riesgo de las muestras de agua.....	55

	Pág.
Tabla 32: Valor de la estimación del nivel de riesgo del residuo minero R1	56
Tabla 33: Resultados DE ph de los puntos de muestreo de agua, año 2018	56
Tabla 34: Valor de la probabilidad para residuo minero R1	60
Tabla 35: Valor de la probabilidad para residuos mineros	60
Tabla 36: Valor de la consecuencia a la salud residuo minero R1	61
Tabla 37: Valor de la consecuencia a la Calidad del ambiente del residuo minero R1.....	61
Tabla 38: Valor de la estimación del nivel de riesgo del residuo minero R1	64

RESUMEN

La presente investigación se basa en estimar el nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros (desmonte y relaves), expuestos en el río cañaris, producto de la explotación artesanal de años pasados en zona de Algamarca, Cajabamba; mediante la metodología de evaluación de riesgo ambiental presentada por el ministerio del Ambiente. Para el análisis y estimación de riesgo ambiental de drenaje ácido se ubicó puntos de muestreo de agua para determinar parámetros fisicoquímicos (metales totales) y parámetros de campo (pH); estos puntos de muestreo se ubicaron estratégicamente en los drenajes cercanos a los residuos mineros en el curso del Río Cañaris, y se realizó una comparación con limite máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA) para determinar la calidad de las aguas de los drenajes y su nivel de riesgo ambiental. Se ubicó un total de 5 zonas de residuos mineros que fueron analizados y caracterizados para su evaluación de riesgo ambiental; obteniendo como resultado un nivel alto de riesgo ambiental. El análisis físico químico y pH se realizó a 6 muestras de agua en tiempo de estiaje, y las que muestran una elevada concentración de metales pesados (Aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo y zinc) son los puntos P-01, P-02, P-04 Y P-05 y valoración de pH que va de 5.3 a 6.4; estos análisis fueron realizados en el laboratorio Regional del agua de Cajamarca (acreditado por INACAL). Se concluye que, tenemos que el nivel de riesgo ambiental del drenaje ácido generado por residuos mineros (desmonte y relaves) del río cañaris es alto, esto es muy perjudicial para el ambiente y la salud de las personas que habitan cerca al Río y/ se benefician directa e indirectamente de él.

Palabras claves: Drenaje ácido, Riesgo, Residuos Mineros, Río.

ABSTRACT

This research is based on estimating the level of environmental risk of acidic waters generated by mining waste (waste and tailings), exposed in the river Cañaris, product of the artisanal exploitation of past years around Algamarca, Cajabamba; using the environmental risk assessment methodology presented by the Ministry of the Environment. For the analysis and estimation of environmental risk of acid drainage, water sampling points were located to determine physicochemical parameters (total metals) and field parameters (pH); These sampling points were strategically located in the drains near the mining waste during the Cañaris River, and a comparison was made with the maximum permissible limits (LMP) and the environmental quality standards (ECA) to determine the quality of the waters. of the drains and their level of environmental risk. A total of 5 mining waste areas were located that were analyzed and characterized for their environmental risk assessment; obtaining as a result a value of 20 and corresponds to a high level of environmental risk according to table n ° 19, the value obtained is in a range of 16 to 25.

The physical-chemical and pH analysis was carried out on 6 water samples in dry weather, and those that show a high concentration of heavy metals (Aluminum, arsenic, cadmium, copper, iron, nickel, lead and zinc) are the points P-01, P-02, P-04 and P-05 and a Ph value ranging from 5.3 to 6.4; These analyzes were carried out at the Cajamarca Regional Water Laboratory (accredited by INACAL). It is concluded that, we have that the risk level of acid drainage generated by mining residues (waste and tailings) of the Cañaris River is high, this is very harmful to the environment and the health of the people who live near the River and / benefit directly and indirectly from him.

Keywords: Acid drainage, Risk, Mining Waste, River.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia peruana, la minería ha contribuido al crecimiento y desarrollo del país; a su vez ha generado conflictos e impactos ambientales. En Cajamarca la actividad minera de años pasados ha dejado diferentes zonas con pasivos ambientales mineros, que pueden producir drenaje ácido; y afectar ríos, lagos, aguas subterráneas, suelo, aire, paisaje, cobertura vegetal, ambiente y salud de la población en torno a dichas zonas de pasivos ambientales mineros. Entre dichas zonas con presencia de pasivos ambientales mineros; se encuentra la zona de Algamarca, donde existe residuos mineros de tipo relave y desmonte minero, producto de la explotación minera de la ex Mina Algamarca S.A., con más de 40 años de antigüedad.

Actualmente dichos residuos se encuentran en abandono, los cuales, con la precipitación y contacto con agua superficial del río Cañaris, generan drenaje de aguas ácidas y afectan la salud de la población y calidad del ambiente; razón por la cual nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuál es el nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca - Cajabamba? Argumentando que la respuesta sería que se debe identificar y delimitar zonas de riesgo por pasivos ambientales de tipo relave y restos mineros y tomar muestras de agua para un análisis químico y físico químico; para determinar composición química y mineralógica de las muestras, realizar la comparación según normatividad de los límites máximo permisibles y los estándares de calidad Ambiental; valorizando la frecuencia de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias en el entorno para así poder cualificar y cuantificar nivel de riesgo ambiental.

La presente investigación en la zona de Algamarca tiene una duración de seis meses (marzo 2019 a agosto 2019) y generará información como aporte científico, que podrá ser utilizado por, estudiantes y profesionales de ramas afines, y personas en general asociadas a diferentes investigaciones de la geología ambiental y podrá servir también como referente para la prevención, mitigación y control de la contaminación ambiental de la zona.

El objetivo principal de la tesis es Estimar el nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca - Cajabamba y para ello

se deberá también; aplicar Metodología de estimación de riesgo ambiental, realizar el análisis físico químico de muestras de agua y elaborar mapa de estimación de nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas.

La tesis se ha desarrollado en cinco capítulos como se describe a continuación:

El Capítulo I. Introducción, Contiene el planteamiento y formulación del problema, hipótesis, alcances de la investigación, delimitaciones y objetivos de la investigación.

El Capítulo II. Marco teórico, presenta los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y la definición de términos básicos.

El Capítulo III. Materiales y Métodos, contiene la ubicación geográfica y política de la zona, accesibilidad, clima, vegetación y materiales

El Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

El Capítulo V. conclusiones y recomendaciones. presenta las conclusiones obtenidas durante toda la investigación y las recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos.

Por último, se enumerará las referencias bibliográficas que se tomaron en cuenta durante todo el proceso de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes internacionales

Aduviere (2006), elaboró un informe acerca de drenaje ácido de mina donde detalla los mecanismos de formación (reacciones, etapas, factores y migración de drenajes ácidos), clasificación de materiales para estimar la generación ácida, metodología de predicción de la generación del potencial ácido, metodología para control de drenaje ácido, caracterización de aguas de mina y alternativas de tratamiento por métodos pasivo o activos de drenajes ácidos. Todo ello nos permitirá realizar un adecuado tratamiento de aguas ácidas de cualquier mina.

Gallardo, Cabrera, Bruguera y Madrazo (2013), realizó la evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río, definiendo y caracterizando los principales problemas ambientales que existen en la región provocadas por la actividad minero - metalúrgica y se proponen acciones y medidas de monitoreo a desarrollar para mitigar los impactos ambientales negativos ocasionados por esta actividad en el área de estudio y en la comunidad. empleándose la matriz causa-efecto (Matriz de Leopold) y herramientas de análisis cuantitativos para la determinación de los niveles de contaminación de las variables ambientales analizadas: vegetación, fauna, paisaje, medio socioeconómico, suelo, hidrogeología, geología y geomorfología.

Valdés (2009), Elaboró una metodología de análisis de riesgos, Aplicable a emplazamientos, actividades y organizaciones de cualquier naturaleza y sector productivo, considerados tanto en conjunto como por unidades de proceso. Es aplicable a actividades con múltiples centros y sirve de referencia para la elaboración de informes en las fases de diseño, construcción, puesta en marcha, operación o explotación, así como para el desmantelamiento o

demolición; cuya aplicación no permite la valoración económica (monetización) de los riesgos ambientales.

Wayne (2002), Elaboró un artículo de drenaje ácido generado por la minería, donde explica la formación, impactos ambientales, contaminación de drenajes ácidos y presencia de metales pesados. Para lo cual se basó en ejemplos como: la mina de molibdeno llamada Questa en Nuevo México, generó drenaje ácido que ha causado impactos y daños biológicos a los organismos de vida acuática en una extensión de 13 kilómetros sobre el Río Rojo; el Río Clark Fork en Montana con una extensión de 160.91 kilómetros, el Río Coer d'Alene en Idaho y el río Columbia en Washington, están contaminados por metales que fueron liberados de las actividades mineras del pasado, cuenca arriba; la mina Golden Sunlight cuyo drenaje ácido de mina continuará por miles de años y el drenaje ácido de la mina Summitville en Colorado mató todos los organismos biológicos en una franja de 27.36 kilómetros del Río Alamosa. El drenaje ácido es virtualmente imposible de detener una vez que se empieza a generar.

Zamora, Lanza y Arranz (2018), Elaboró una metodología para la identificación y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación y así poder determinar si se requiere de medidas inmediatas de mitigación. Las metodologías propuestas han sido aplicadas como Caso de estudio al PAM del sitio minero de Milluni, La Paz Bolivia; demostrando que este, requiere de —medidas inmediatas de mitigación porque genera un riesgo potencial para la salud y seguridad de la población, para la biodiversidad y para el medio ambiente.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Chávez (2015), compiló un informe de los pasivos ambientales mineros: diagnóstico y propuestas para Cajamarca, Pasco, Lima y Puno. Desde el año 2006 se viene actualizando anualmente el inventario nacional de PAMs por regiones, y también por cuencas hidrográficas, en unas 54 cuencas al 2015, y un 50% de PAMs son altamente riesgosos (2546 de muy alto riesgo y 1735 de alto riesgo de un total de 8616 PAMs). Desde el 2010 el Estado viene priorizando la atención de PAMs de alto y muy alto riesgo en el país —excepto en Cajamarca que se priorizó el cierre de 5 relaveras en el 2007, mediante resoluciones ministeriales emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, encargando a la empresa estatal

Activos Mineros S.A. la remediación de estos a través de proyectos. Sin embargo, el proceso de remediación se hace duradero y burocrático porque necesariamente tiene que pasar por el Sistema de Inversión Pública para la aprobación de los proyectos.

LI (2013), Determina el potencial que podrían tener diferentes tipos de relave, de generar contaminantes ácidos sobre las aguas aledañas a las operaciones mineras en la zona central del Perú (antiguas y/o en actividad), describe muestras de relave recolectadas del centro del Perú, estas incluyen las zonas de: San Miguel, Mar Túnel, Yanacancha, Chaupimarca, Quilacocha y Yauli, realizando varios ensayos de laboratorio (análisis químico, la difracción de rayos X y la evaluación por microscopio petrográfico) y analizando los resultados se encontró que las muestras de relave contienen valores de elementos que pueden presentar algún potencial de contaminación (As, Fe, Mn, Pb, Sb, etc.), las muestras tienen un mayor contenido de especies neutras, entre 50 e incluso 97% de peso, mientras que las especies de tipo básico y las de tipo ácido están presentes en menor cantidad, entre 0 y 33% las básicas y entre 2.7 y 17% las ácidas. Así ver que metodología da confiabilidad a los resultados tradicionales.

Medina, Hermitaño y Morán (2008), realizaron un informe de Calidad de Agua, explicando los estándares ambientales que garantices una adecuada protección ambiental como: los Límites Máximo Permisibles para agua (LMP) y Estándares de calidad ambiental (ECA); efectos de la contaminación de agua. Describen tipos de agua residual doméstica e industrial, describen los parámetros físicos, biológicos y químicos para el análisis del agua y finalmente menciona los diferentes tratamientos de agua de minería y residuales (Tratamiento físico, químico y biológico) y los niveles de tratamiento (Pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o más avanzados).

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2017), plantearon la metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente se ha desarrollado un método numérico aditivo que asigna puntuaciones a una serie de características o factores asociados al sitio impactado y al medio en el que se encuentra, en la figura de los mecanismos de transporte asociados a éste y a la exposición de los receptores potenciales. Se trata de una aproximación numérica del problema, que no ha sido diseñada para proporcionar una evaluación de riesgo cuantitativa como tal, y que realiza su función como una metodología

diseñada para proporcionar asistencia científica y técnica en la identificación y significancia en base a una evaluación comparable de sitios impactados por actividades de hidrocarburos en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón con un valor de nivel de riesgo físico de 38 nivel de riesgo, Nivel de riesgo a la salud de 48.09 y nivel de riesgo al ambiente de 58.40 clasificando con un nivel de riesgo medio.

Montalvo y Luque (2010), Elaboración de una guía de evaluación de riesgos ambientales que permite tener un marco conceptual de la terminología nacional e internacional, con nociones básicas en temas ambientales, en la cual se establece una “EVALUACIÓN PRELIMINAR”, es un instrumento ambiental para el estudio y análisis de un problema o situación emergente, seguido de la identificación de escenarios del entorno a evaluar ya sea humano, ecológico y socioeconómico, finalmente propone estimación de los niveles de riesgo; orientada a la recopilación de datos de campo (resultados de monitoreos ambientales, balance de masa y energía, grado de vulnerabilidad de poblaciones a eventos antrópicos o naturales, etc.), luego el cuadro resumen en el que se identifica el nivel de riesgo (los mismos que van desde el no riesgo a alto riesgo); aplicado para evaluación de riesgos ambientales de emisiones atmosféricas y efluentes por actividad minera-metalúrgica en la provincia de Yauli – La Oroya obteniendo un nivel, obteniendo un riesgo ambiental alto con un valor de 84,77 %.

Romero, Flores y Medina (2008), realizaron el estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa, el cual es un residuo sólido minero, resultado de operaciones de tratamiento de beneficio metalúrgico por flotación, que constituye un importante pasivo ambiental, que se encuentra alterando, produciendo impacto negativo, debido a la contaminación del medio natural de la cuenca del río Santa. Es en ese sentido, que se realizó un análisis geoquímico de 14 puntos de muestreo, destacándose, principalmente, tres puntos de muestreo (P190, P192, P197), los cuales, según análisis geoquímico, son los más críticos, puesto que contienen mayor presencia y contenido de metales pesados y corresponde a yacimientos polimetálicos de Cu-PbZn, asociados con Au-Ag, formado dentro de un medio volcánico epitermal de baja temperatura. Los elementos Hg y Sb son elementos volátiles.

2.1.3 Antecedentes Locales

Álvarez y Aroca (2015), Propuesta de diagnóstico ambiental preliminar para la asociación de mineros artesanales san Blas de Algamarca, Cajabamba, Cajamarca. La Línea Base Ambiental realizada permitió describir las características de la zona de estudio, sirviendo además como referencia para la identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales actuales y futuros, generados por la actividad minera; estimar el impacto ambiental generado por las actividades mineras de la Asociación de Mineros Artesanales San Blas de Algamarca, así como las posibles alternativas de solución a realizarse para prevenir, controlar y mitigar dichos impactos negativos en la zona

Ortíz (2017), Realizó una tesis sobre la evaluación del riesgo ambiental de los pasivos ambientales mineros de la sub-cuenca río tingo Maygasbamba en la provincia de Hualgayoc – Cajamarca. Que es en su mayoría riesgo alto, en algunos moderados, respecto a la evaluación que se hizo a cada PAM, así como a las 11 muestras de agua analizadas, las que presentan alto contenido de metales pesados son las M-1, M-5, M-6 y M-8, puesto que están siendo afectados directamente por los pasivos ambientales mineros y que generan drenaje ácido. El mapa de nivel de riesgo con relación a la Calidad del ambiente, presentan en todos los puntos analizados un nivel de riesgo alto, debido a que los valores obtenidos se encuentran en el rango de riesgo de 16 a 25.

Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible (2014), elaboró un inventario de pasivos ambientales mineros en la región Cajamarca; con el fin de diagnosticar y evaluar la situación de cada zona y brindar propuestas de mitigación. Se ha identificado 1,075 labores mineras entre depósitos de relaves, pilas de desmontes, bocaminas, rajos, tajos, etc., esto indica una disminución de pasivos en relación con el inventario del año 2006 que establecía 1250 pasivos ambientales, sin embargo, se siguen inventariando nuevos pasivos. Al no contar con un Inventario o Base de Datos de Pasivos Ambientales Remediados, no podemos asegurar el número de pasivos que son inventariados nuevos y el número de éstos que son remediados.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Generación de Aguas ácidas

El drenaje ácido generado por las actividades mineras es el motivo principal de preocupación en muchas minas de metales, ya que metales como el oro, cobre, plata y molibdeno, son frecuentemente encontrados en rocas que contienen también minerales de sulfuro. Cuando los sulfuros presentes en las rocas que son excavadas por la actividad minera se dejan expuestos a la intemperie, y entran en contacto con el agua y aire, reaccionan formando ácido sulfúrico. El agua acidificada con el ácido sulfúrico puede disolver a su vez otros metales tóxicos que también se encuentran en las rocas. Si esto no se controla, el drenaje ácido de las minas corre y llega a los arroyos o ríos o se infiltra en los acuíferos contaminándolos. El drenaje ácido puede ser generado de cualquier parte de la mina donde haya sulfuros expuestos al aire y el agua, esto incluye las pilas de rocas de desecho o roca estéril conocidas como “terreros” o “tepetates”, las presas de jales, el tajo, los túneles subterráneos o de derrames desde los estanques de lixiviación (Wayne, 2002).

2.2.2 La oxidación de la pirita como origen de las aguas ácidas

Al entrar en contacto los sulfuros con el oxígeno y la humedad atmosférica en las excavaciones mineras, comienza un complejo mecanismo de oxidación de estos (principalmente de la pirita), dando lugar a la producción y puesta en solución de sulfato, metales y acidez. Las reacciones que intervienen en la oxidación de la pirita pueden ser representadas en ecuaciones (Aduviere, 2006).

2.2.3 Etapas en la formación de las aguas ácidas

Los drenajes de minas en operación o abandono generan problemas de contaminación y degradación de los ecosistemas, pudiendo llegar a extinguir la vida acuática. También imposibilita el uso de estas aguas para consumo humano, debido a su acidez y elevada concentración de metales disueltos como hierro, manganeso, aluminio, arsénico, selenio, cinc, níquel, y otros. Por otro lado, genera daños a las estructuras metálicas y de hormigón, así como la destrucción o desaparición de la vegetación y la fauna de los cauces naturales.

Una forma de evitar la formación de aguas ácidas es la neutralización de estas, en este sentido la oxidación de una tonelada de pirita produce casi una tonelada de hidróxido férrico y cerca de tonelada y media de ácido sulfúrico.

El proceso de formación de aguas ácidas, en su conjunto, también se puede explicar en tres etapas (Aduvire, 2006).

Primera etapa. - La oxidación de minerales sulfurosos libera hierro ferroso que bajo condiciones neutras se oxida químicamente y se transforma a hierro férrico que precipita como hidróxido y aporta acidez al medio. En esta etapa del proceso la velocidad de oxidación es baja en los dos mecanismos de generación ácida (directa e indirecta) y la formación de aguas ácidas por oxidación debida al aire y a las bacterias (fundamentalmente Thiobacillus ferrooxidans) se producen a un ritmo semejante. Por lo general, la alcalinidad disponible en el medio es suficiente para neutralizar parcialmente la acidez que se ha producido lentamente.

Segunda etapa. La acidez acumulada supera la capacidad de neutralización del medio y el pH desciende y predomina la oxidación de la pirita por la acción bacteriana. En la reacción se produce el sulfato ferroso que al ser oxidado nuevamente se transforma en sulfato férrico, y éste a su vez en contacto con el agua da lugar al ácido sulfúrico y al hidróxido férrico, que es insoluble y es el que provoca la coloración amarilla de las aguas. En esta etapa disminuye la eficacia del mecanismo directo (oxidación por el aire) y aumenta mucho la del indirecto.

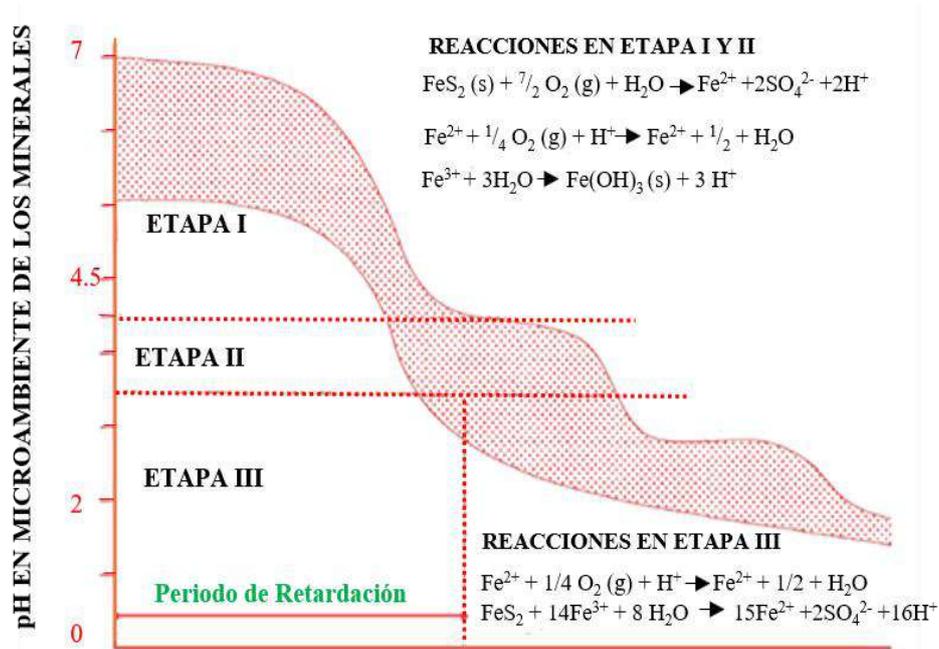


Figura N° 1: Etapas en la formación de aguas ácidas (Aduvire, 2006).

Tercera etapa. Cuando el pH desciende por debajo de 3 en la proximidad de los granos de pirita (aproximadamente 4,5 en el agua), el ion férrico se ve afectada por las reacciones de oxidación-reducción y la acción bacteriana puede lixiviar el sulfuro de hierro directamente a sulfato. En esta etapa varía la generación de ácido al aumentar la solubilidad del hierro y disminuye la precipitación de hidróxido férrico. En resumen, el *Thiobacillus ferrooxidans* oxida el ion ferroso a férrico que a su vez oxida a los sulfuros (pirita) produciendo más ácido. En este momento se producen grandes cantidades de ácido y se deben tener en cuenta los siguientes puntos: El mecanismo más importante es el indirecto, ya que es el que se auto cataliza (si se inhibe la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* la producción de ácido se reduce al menos en un 75%). Si el pH del agua sube por encima de 5, igualmente se inhibe la oxidación. Si el pH del agua desciende por debajo de 4,5 debe esperarse que todo el sulfuro de hierro termine oxidándose. Si el pH desciende por debajo de 2,5 se establece un equilibrio en el que la actividad bacteriana se estabiliza, ya que habrá alcanzado su óptimo de desarrollo (la velocidad de reacción se habrá incrementado entre 10^5 y 10^6 veces respecto al mecanismo directo) (Aduvire, 2006).

2.2.4 Caracterización de las aguas ácidas de mina

La caracterización precisa del drenaje ácido es muy importante para efectuar la correcta selección y dimensionamiento de los dispositivos operacionales que configuran el conjunto del tratamiento pasivo. Una adecuada caracterización debe incluir la medida precisa y representativa del caudal, y de al menos los parámetros químicos siguientes: pH in situ, pH en laboratorio, alcalinidad total, acidez o alcalinidad neta (expresadas todas como CaCO₃); además de contenidos de Fe²⁺, Fe total, Al, Mn, SO₄ = y conductividad (Hyman y Watzlaf, 1995). Estos autores consideran deseable analizar también el Ca, Mg, Na, Cl, K, Br y Zn, lo que permite en la mayoría de los casos efectuar un correcto balance iónico. El conjunto de estas medidas se ha de registrar al menos durante un año hidrológico. La “acidez” y la “alcalinidad” de un drenaje de mina son parámetros básicos en la selección del tipo de tratamiento pasivo; representan la capacidad de esas aguas para neutralizar una base o un ácido. Que una solución presente acidez o alcalinidad está en función de que predomine en ella su acidez o su alcalinidad totales, hablándose entonces con más precisión de soluciones con acidez o alcalinidad neta.

$$\text{Acidez/alcalinidad neta} = \text{acidez total} - \text{alcalinidad total} \quad (5)$$

La acidez total representa la concentración de iones hidrógeno libres (los que definen el pH), junto con los iones hidrógeno que se pueden generar por la oxidación e hidrólisis de los metales que contiene la solución, tales como Fe, Al, Mn, Zn, etc., a través de la reacción:



En la práctica, lo que se mide en el laboratorio es la acidez neta y la alcalinidad total, deduciéndose la acidez total mediante la ecuación 5. La acidez y la alcalinidad se suelen medir como equivalentes de CaCO₃. La acidez medida en el laboratorio generalmente representa la acidez neta, ya que se suele efectuar la valoración con CaCO₃ después de haber añadido H₂O₂ y calentado la muestra para promover la total oxidación e hidrólisis de todos los metales.

La acidez total teórica puede ser calculada si se conoce el pH y la concentración de cada uno de los cationes que generan acidez. La acidez total sería la suma de la acidez atribuible

a los iones H^+ y la potencial de los cationes metálicos (Me^{+n}). El cálculo se hace mediante la fórmula siguiente considerando que la reacción transcurre equivalente a equivalente:

$$\text{Acidez total equivalente CaCO}_3(\text{mg/l}) = \sum Me^{+n}(\text{mg/l}) \cdot (50,045 / P_{aMe}) \cdot n$$

Donde P_{aMe} es el peso atómico del metal y 50,045 es un factor de conversión resultado de dividir el P_{mCaCO_3} por su valencia.

En el caso del pH se tiene que la concentración de iones H^+ es igual a 10^{-pH} . Hay que tener en cuenta que la acidez total así calculada no considera el efecto de los iones complejos, frecuentes a pH neutros, y que no producen acidez. Al estar contabilizados los cationes de estos complejos en un análisis químico convencional se puede presentar diferencias entre la acidez total teórica y la deducida usando la ecuación 5.

La alcalinidad total de una solución generalmente está representada por los iones hidróxido y bicarbonato, y se suele medir directamente en laboratorio.

Que un drenaje presente alcalinidad neta significa que una vez que se ha llevado a cabo la oxidación e hidrólisis de los metales que pueden generar iones hidrógeno libres aún presenta cierta capacidad para neutralizar cierto volumen de un ácido

La geoquímica de las aguas ácidas de mina es un fenómeno complejo al haber diversos procesos físicos, químicos y biológicos jugando un papel importante en la producción, liberación, movilidad y atenuación de los contaminantes, comprende una serie de procesos, como: la oxidación de la pirita; y otros sulfuros; la oxidación e hidrólisis del hierro disuelto y otros metales; la capacidad neutralizadora de la ganga, mineral y roca encajante; la capacidad neutralizadora de las aguas bicarbonatadas; la disponibilidad de oxígeno; la disponibilidad de agua líquida o en forma vapor; la localización y forma de zonas permeables en relación con las vías de flujo; las variaciones climáticas (diarias, estacionales o episodios de tormentas); la formación de eflorescencias y su redisolución; el calentamiento por conducción y radiación del calor generado en diversas reacciones exotérmicas (oxidación de la pirita, disolución de sales solubles y la dilución de un ácido concentrado); la temperatura; la acción de catálisis de las bacterias; la adsorción microbiana de metales; la precipitación y disolución de minerales durante el transporte; adsorción y desorción de metales durante el transporte; foto reducción del hierro; la formación de complejos orgánicos y los procesos micro ambientales sobre superficies o entorno a organismos.

La actividad minera genera enormes volúmenes de materiales y residuos que se depositan en presas y escombreras y, grandes huecos que albergaron los minerales extraídos o que sirvieron de accesos y servicios como ventilación y desagüe. En cada etapa de desarrollo del ciclo minero se generan residuos con alto potencial de lixiviación que en contacto con el aire y agua pueden generar aguas ácidas (Aduvire, 2006).

2.2.5 Residuos mineros

Son aquellos residuos sólidos, acuosos o en pastas, que quedan tras las actividades de exploración, explotación y de investigación, y se rigen por la legislación de minas (MINAM, 2010).

2.2.6 Residuos sólidos (desmonte).

Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación (MINAM, 2005).

2.2.7 Riesgos y Daños Ambientales

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. Existen pasivos ambientales mineros que contaminan fuentes de agua superficial y subterránea, suelos y el aire de sus alrededores, y otros que han causado daños ambientales, pero el Estado aún no cuenta con adecuados mecanismos y estrategias para su atención. Cabe mencionar que la Ley General del Ambiente define daño ambiental como “todo menoscabo material que sufre el ambiente y/o alguno de sus componentes, que puede ser causado contraviniendo o no disposición jurídica, y que genera efectos negativos actuales o potenciales”. Se entiende como sus componentes a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida. Para los daños ambientales generados por los pasivos ambientales mineros no existe un marco legal de indemnización o reparación. Lo que se viene desarrollando son instrumentos de prevención, remediación y compensación. Un determinado pasivo

ambiental minero causa diferentes efectos negativos. En la siguiente tabla se puede apreciar los efectos más comunes asociados a los pasivos ambientales mineros (Chávez, 2015).

Además, los eventos extraordinarios como las lluvias intensas, el fenómeno El Niño y los sismos podrían agravar los daños ambientales de los pasivos ambientales mineros de no tomarse acciones desde ahora. Recordemos que para el caso de las presas de relave, diversos estudios señalan, que es probable que muchas presas de relaves en el país presenten la posibilidad de fallar ante la ocurrencia de sismos, debido, en unos casos, a su construcción empírica, o, en otros casos, a que en el cálculo de diseño no se ha considerado el factor de sismicidad o están sobre su capacidad de almacenamiento; por lo que, esperemos no ocurra desastres, como el de 1952 en Casapalca, región Lima, que provocó pérdidas de numerosas vidas humanas y contaminación del río Rímac; o el de San Nicolás, en Cajamarca, que en 1980, a causa de la deficiencia en la construcción, provocó contaminación del río Tingo y daños a la agricultura (Chávez, 2015).

a) Contaminación de aguas superficiales y subterráneas: El mayor riesgo ambiental de los pasivos ambientales mineros es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación de 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. El potencial de liberación de estos elementos y el riesgo asociado dependen de las condiciones específicas del sitio, incluyendo el diseño y la operación de la extracción, del procesamiento, la gestión de los residuos, la calidad de las medidas de mitigación, aspectos ambientales como el clima y la cercanía a posibles receptores. 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 potable. La presencia de sulfuros en los residuos mineros y en las labores abiertas y la consecuente formación de drenajes ácidos de mina (DAM) con altos contenidos de metales pesados y arsénico han sido reconocidos ampliamente como uno de los grandes problemas ambientales no solo en el Perú sino en muchas regiones en el mundo.

La formación de Drenaje Ácido de Mina (DAM) se debe a la oxidación de minerales sulfúricos en presencia del agua y oxígeno, reaccionando para formar ácidos sulfúricos que fácilmente disuelven metales tales como el hierro, el cobre el aluminio y el plomo. Este proceso puede ser natural, pero el desarrollo minero puede acelerar en gran medida la velocidad a la que se producen tales reacciones que finalmente generaran procesos contaminantes adversos principalmente para los cursos de aguas. 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. 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. Una contaminación también puede ocurrir cuando existe una conexión hidráulica entre las aguas superficiales y as agua subterráneas. Existe un riesgo de que los pasivos puedan alterar el régimen hidrológico debido a labores mineras como socavones ya que el flujo del agua subterránea podría verse afectado además de la ruptura de estratos impermeables. Por otro lado, en las actuales operaciones, el uso de sustancias químicas conteniendo cianuro y mercurio también resulta un potencial riesgo ambiental, por lo que se deben tomar las medidas correspondientes para no dejar pasivos ambientales mineros de alto riesgo (Chávez, 2015).

b) Degradación de la calidad de los suelos: Los suelos pueden sufrir un impacto por efectos de la contaminación, y la erosión eólica e hídrica. La contaminación se origina por los contaminantes provenientes de los pasivos ambientales mineros que llegan al suelo por el viento o el agua, y por la inadecuada disposición de residuos y químicos sobre el suelo, como desmontes de mina, relaves, pilas de lixiviación y otros residuos.

La erosión eólica e hídrica se debe a la destrucción de la capa vegetal protectora de laderas de cerro, zonas de pastoreo, entre otros (Chávez, 2015).

c) Contaminación del aire: Uno de los grandes problemas asociados a los pasivos ambientales mineros es el arrastre de material particulado por ejemplo de los relaves, depósitos de desmontes y pilas de lixiviación- por acción del viento, que puede contaminar el suelo y afectar por inhalación, ingestión o contacto dérmico a las personas y animales. La dispersión del material particulado depende de las condiciones climáticas, del tamaño del material particulado y de la topografía del lugar (Chávez, 2015).

d) Afectación a la salud humana: El uso de agua superficial y subterránea contaminada por los pasivos ambientales mineros, como, por ejemplo, contaminación del agua de consumo, agua de riego o como objeto de recreación, implica un riesgo a la salud por la posible ingestión o contacto dérmico. (Chávez, 2015) Además existe el riesgo por el ingreso de los contaminantes a la cadena alimenticia. De igual modo, la inhalación de aire o polvo contaminado es un riesgo a la salud.

e) Pérdida de bienes y funciones ambientales. Comprende la pérdida de bosques, biodiversidad, suelos o fuentes de agua en ecosistemas donde los pasivos ambientales mineros se encuentran. Para la inversión óptima en la recuperación de ambientes naturales degradados se requieren ejecutar evaluaciones ambientales y sociales, así como estudios de valoración económica que permita, de alguna manera, compensar los daños (Chávez, 2015).

2.2.8 Componentes Del Ambiente Natural

Medio Biótico: Se refiere al conjunto de organismos vivos (animales y plantas) de un lugar y sus interacciones.

Tabla 1:Componentes y factores del medio Biótico

Componente	Factor
Vegetación terrestre o flora	- Diversidad, abundancia, estructura, productividad Primaria.
	- Distribución, superficie ocupada
	- Especies endémicas, dominantes o amenazadas
	- Agroecosistemas, formaciones Vegetales
Fauna Terrestre	- Diversidad, abundancia, estructura, estado
	- Distribución, migraciones, vectores de enfermedades
	- especies endémicas, dominantes o amenazadas
Biota acuática	- Diversidad, abundancia, estructura.
	- Estado, distribución, migraciones.

Fuente: Arboleda, 2008

Medio Físico o abiótico: Medio inanimado (seres inertes) que brinda soporte al medio biótico (aire, agua, suelo, clima, etc.).

Tabla 2: Componentes y factores del medio físico o abiótico

Componente	Factor
Clima	- Precipitación - Humedad relativa - Piso térmico - Brillo solar. - Temperatura - Viento - Evaporación
Geología	- Erodabilidad - Capacidad Portante - Facilidad de excavación - Estratificación - Diaclasas Fallas - Perfiles Estratigráficos - Vectores de enfermedades - Especies endémicas, dominantes o amenazadas - Estabilidad - Permeabilidad - Tipo de roca - Esquistosidad - Sismicidad - Migraciones
Geomorfología	- Formas topográficas: Fisiográfica, complejidad topográfica, desniveles - Pendiente o relieve, áreas de inundación - Focos y procesos erosivos.
Suelos	- Propiedades físicas: Textura, estructura, profundidad, drenaje, humedad, etc. - Propiedades químicas: Fertilidad, conductividad - Unidades edafológicas, perfiles (estratos) - Usos actuales y potenciales
Aire	- Partículas - Ruidos - Gases - Olores
Agua (Superficial y Subterránea)	- Factores hidrológicos: caudales y niveles máximos, mínimos y medios. - Red de drenaje, niveles freáticos, escorrentía superficial - Factores de calidad: olor, color, temperatura, turbidez, transparencia, oxígeno disuelto, DBO, DQO, - Usos actuales y potenciales. Transporte de sedimentos - Factores hidráulicos - Velocidades, pendientes, rugosidad. - Factores básicos: PH, Acidez, Alcalinidad, Dureza, Sólidos, Coliformes, Carbono y nitrógeno orgánico total, Carbono, fósforo y nitrógeno, Conductividad, Sustancias, tóxicas y metales pesados, pesticidas y plaguicidas
Paisaje	- Calidad visual, color, unidades de paisaje.

Fuente: Arboleda, 2008

2.2.9 Evaluación de Riesgo.

Evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo ambiental o para la salud resultante de la exposición a un producto químico o agente físico (contaminante); combinan los resultados de la evaluación de la exposición con los resultados de la evaluación de la toxicidad o los efectos para estimar el riesgo (MINAM, 2010).

2.2.10 Riesgo ambiental.

Se define 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 (MINAM, 2010).

2.2.11 Límites máximos permisibles para agua (LMP).

Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero – metalúrgicas, y que al ser excedidas causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el ministerio del ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (MINAM, 2010).

Tabla 3: Límites máximos permisibles para agua (LMP)

Parámetro	Unidad	Límite en Cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH	mg/L	6 – 9	6 – 9
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Cromo Hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

(*) En muestra no filtrada

Fuente: DS 010-2010-MINAM

2.2.10 Estándares de calidad Ambiental para agua (ECA- Agua).

Fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. Para controlar las emisiones de agentes (MINAM, 2017).

Tabla 4: Valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de Vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0.1	0.1
Cloruros	mg/L		500	**
Color	Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)		2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L		40	40
Detergentes	mg/L		0.2	0.5
Fenoles	mg/L		0.002	0.01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos +Nitritos	mg/L		100	100
Nitritos	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto	mg/L		≥ 4	≥ 5
pH	Unidad de pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L		1000	1000
Temperatura	$^{\circ}$ C		$\Delta 3$	$\Delta 3$
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsénico	mg/L		0.1	0.2
Bario	mg/L		0.7	**
Berilio	mg/L		0.1	0.1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0.01	0.05
Cobre	mg/L		0.2	0.5
Cobalto	mg/L		0.05	1
Cromo Total	mg/L		0.1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2.5	2.5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L		0.2	0.2
Mercurio	mg/L		0.001	0.01
Niquel	mg/L		0.2	1

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de Vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Plomo	mg/L		0.05	0.05
Selenio	mg/L		0.02	0.05
Zinc	mg/L		2	24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0.04	0.045
PLAGUICIDA				
Paratión	µg/L		35	35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L		0.004	0.7
Clordano	µg/L		0.006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L		0.001	30
Dieldrín	µg/L		0.5	0.5
Endosulfán	µg/L		0.01	0.01
Endrin	µg/L		0.004	0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxico	µg/L		0.01	0.03
Lindano	µg/L		4	4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L		1	11
MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	**	**
Huevos de Helmitos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 (b): Después de filtración simple. (c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido. Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4: El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría. Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Nivel de riesgo ambiental. Es la clasificación de alto, medio o bajo, que se asigna en función al valor numérico obtenido en a la estimación del nivel de riesgo físico y estimación del riesgo a la sustancia (asociado a la salud y al ambiente); Se define 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 (MINAM, 2010).

Evaluación del riesgo ambiental

Es el proceso mediante el cual se determina si existe una amenaza potencial que comprometa la calidad del agua, aire o suelo, poniendo en peligro la salud del ser humano como consecuencia de la exposición a todos los productos tóxicos presentes en un sitio, incluyendo aquellos compuestos tóxicos presentes que son producto de actividades industriales ajenas al sitio o cualquier otra fuente de contaminación, y define un rango o magnitud para el riesgo (MINAM, 2010).

Aguas ácidas. Son aguas que se producen como resultado de la oxidación química y biológica de sulfuros metálicos, especialmente pirita o pirrotita, que se pueden encontrar presentes o formando parte de botaderos, relaves, basuras municipales (MINAM, 2012).

Residuos mineros. Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación (MINAM, 2010).

Pasivos ambientales mineros. Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. (Art. 2° Ley N° 28271, ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera) (MINAM, 2010).

Pasivo ambiental minero abandonado. Pasivos que se encontraban localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia (Art. 2° de la Ley N° 28271, ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera) (MINAM, 2010).

Residuos sólidos (desmonte). Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación (Ley N° 28271, ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera) (MINAM, 2010).

Cierre de mina. El cierre de minas puede definirse como el conjunto de actividades a ser implementadas a lo largo del ciclo de vida de la mina a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de minado. El cierre de minas es un proceso progresivo que empieza en la primera etapa del proyecto con el diseño conceptual y termina sólo cuando se han alcanzado de manera permanente los objetivos específicos de cierre. El cierre de minas normalmente incluye el diseño e implementación de diferentes medidas como desmantelamiento, estabilización física y química, tratamiento de drenaje ácido de mina y lixiviación de metales, recuperación o rehabilitación de terrenos, revegetación y rehabilitación de hábitats acuáticos, etc. El cierre de minas incluye también programas sociales dirigidos a los trabajadores de la mina y la población circundante (MINEM 2010).

Normas ambientales. El Plan de Cierre de Minas debe ser elaborado por una entidad consultora debidamente inscrita en el registro que para el efecto administra la DGAAM, de conformidad con los Decretos Supremos 016-2005-EM y 039-2005-EM3 (MINEM 2010).

El DS 016-93-EM, “Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero-metalúrgicas, estableció la obligación de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todos los nuevos proyectos mineros, así como la obligación de presentar un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para todas las unidades mineras que se encontraban en operación a la fecha de promulgación de dicha norma. (MINEM 2010).

Ficha de campo para la identificación de pasivos ambientales mineros aprobada por R.D. N°173-2009. MEM-DGM. Ley N° 30321, Ley que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental.

Lineamientos establecidos en la guía de evaluación de riesgo ambiental, publicada por el ministerio del ambiente en el año 2010 que sustenta la norma europea UNE 150008-2008, emitida por la Asociación Española de Normalización y Certificación.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Políticamente el área de investigación está localizada en el centro poblado de Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, Perú).

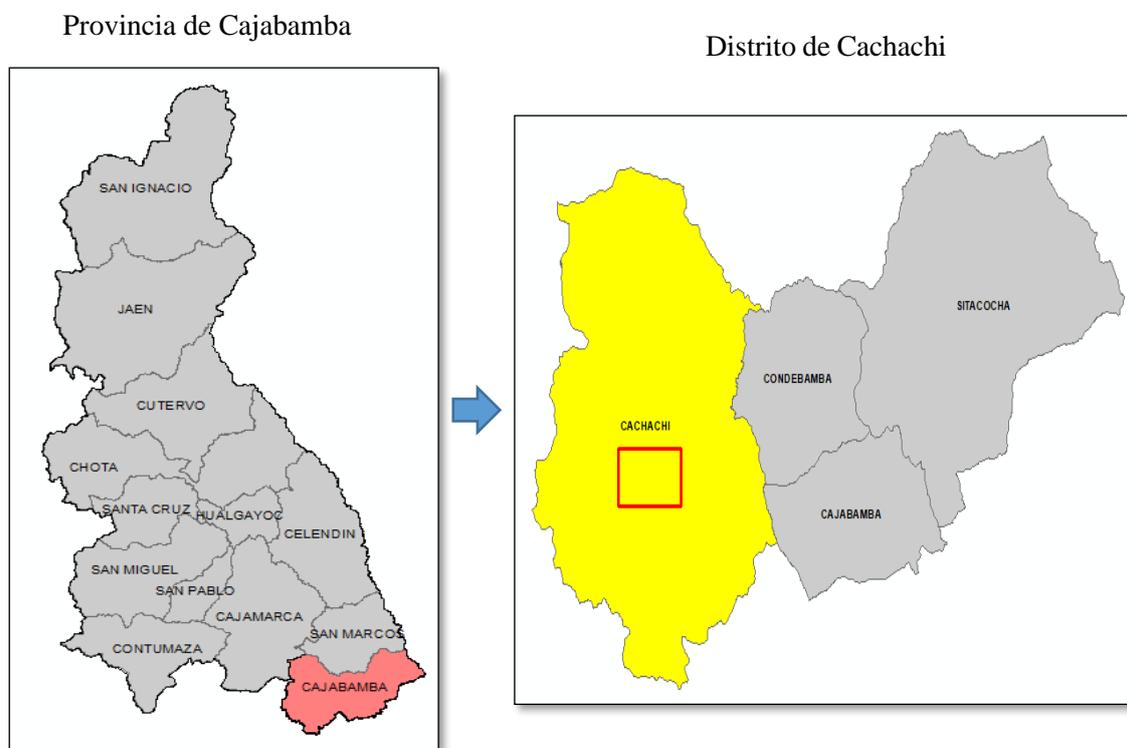


Figura N° 2: Ubicación del área de Investigación en el distrito de Cachachi.

Geográficamente el área de investigación se ubica en el centro poblado de Algamarca, según el sistema UTM, presenta las siguientes coordenadas

Tabla 5. Vértices del área de estudio.

Vértice	Longitud	Latitud
1	806592	9160805
2	806592	9156023
3	799136	9156023
4	799136	9160805

Datum: World Geodesic System 1984 – WGS-84.

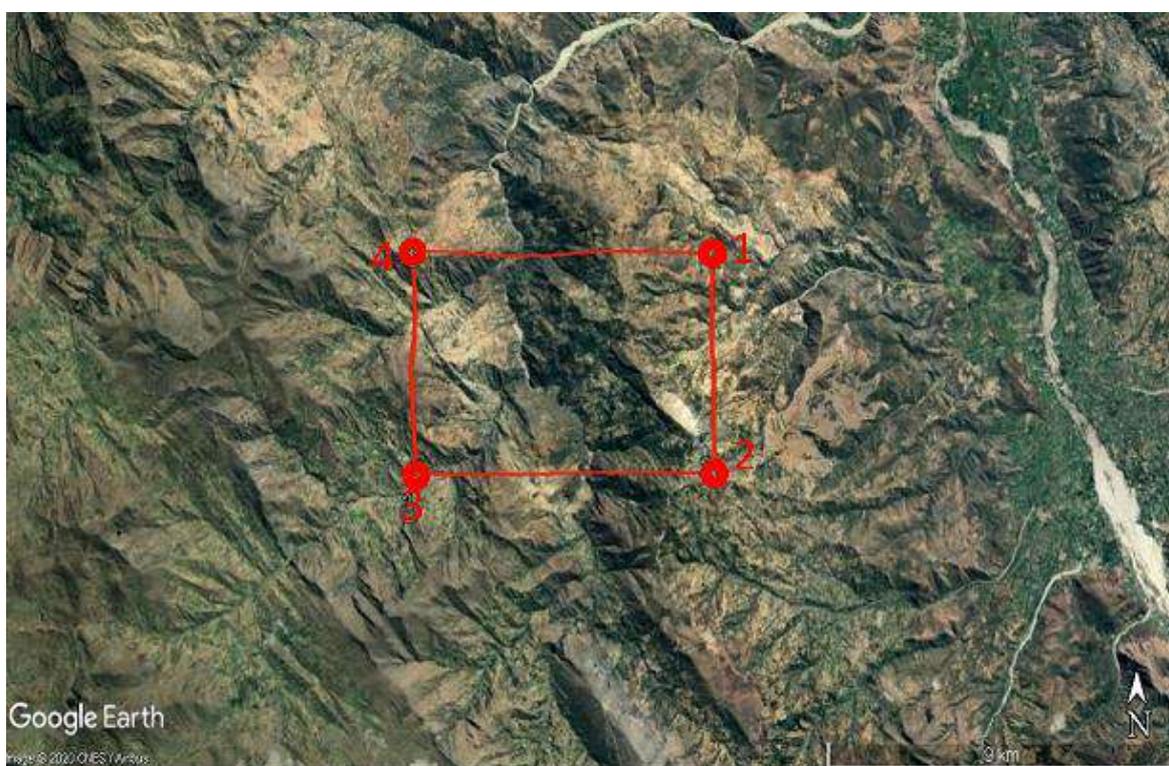


Figura N° 3: Imagen satelital de la zona de estudio (Google Earth 2020)

3.2 ACCESIBILIDAD

Para acceder al área de estudio se tomará como punto de partida la ciudad de Cajamarca; las rutas, distancias aproximadas en kilómetros, el tiempo y el tipo de vía, se detallan en la tabla 6. El color azul en la imagen 2, muestra el acceso principal desde el distrito de Cajamarca hasta el río cañaris - Algamarca.

Tabla 6. Accesibilidad.

Ruta	Distancia (Km)	Tiempo (h)	Tipo de Vía
Cajamarca - Chuquibamba	125	2.5	Asfaltado
Chuquibamba - Algamarca	19.6	1,5	Trocha carrozable
Algamarca – Zona de Estudio	4.5	0.5	Trocha carrozable
TOTAL	163	4.5	

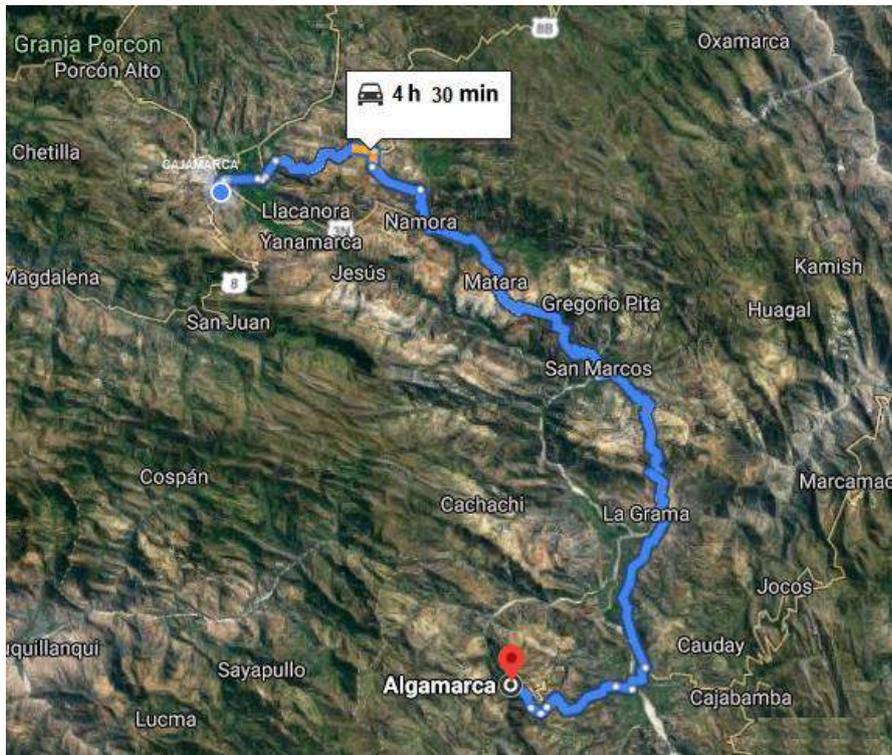


Figura N° 4: Imagen satelital de accesibilidad a la zona de investigación.

3.3 CLIMA

3.3.1 Precipitación

El clima en la zona se encuentra caracterizado por la alternancia de la estación seca (de abril a noviembre) y otra estación lluviosa (de diciembre a marzo). La cantidad de las precipitaciones varía según la posición geográfica y altimétrica y van de 4 mm el más bajo, en Julio y 94 mm en marzo. Para el estudio de las condiciones meteorológicas en la zona del proyecto, se empleó la información registrada de la estación meteorológica convencional Cajabamba siendo esta la más cercana al proyecto.

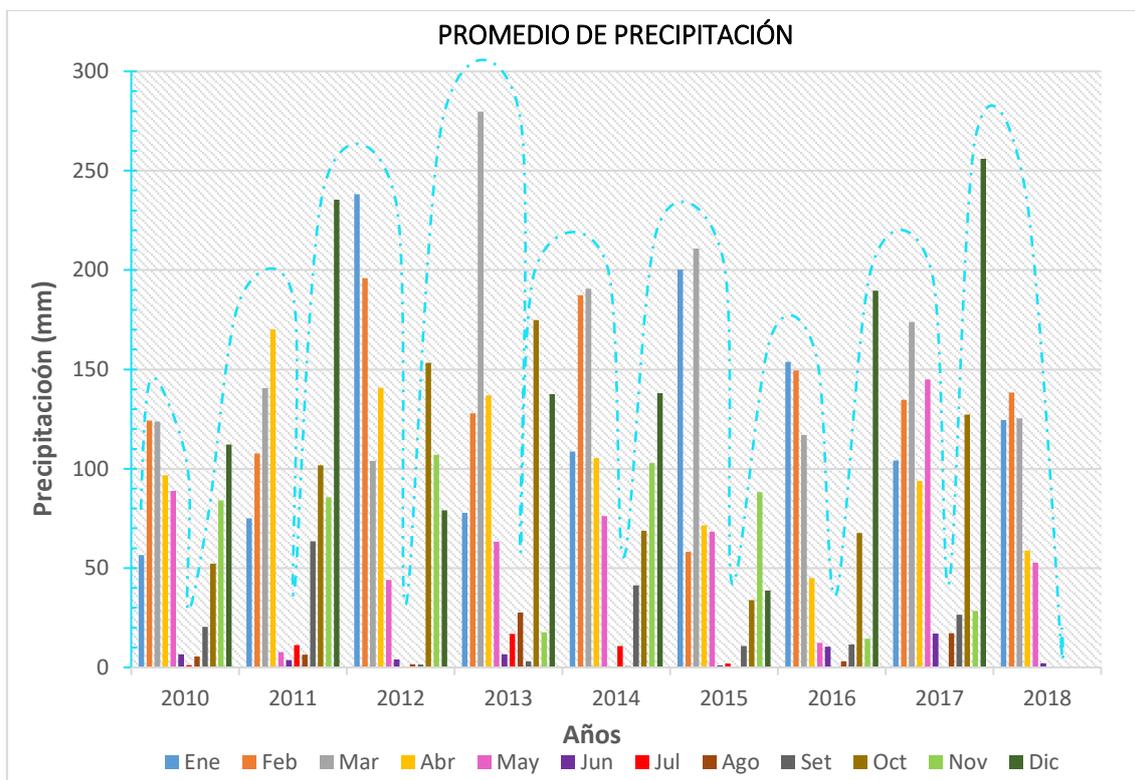


Figura N° 5. Gráfico de precipitación de lluvia mensual promedio.

Fuente: Estación meteorológica de Cajabamba.

3.3.2 Temperatura

En la zona de estudio muestra temporadas calientes en los meses de octubre a enero y temporada fresca de junio a julio, donde la temperatura máxima anual promedio es de 23.1° C y con una temperatura mínima promedio de 10.8 °C. se empleó la información registrada de la estación meteorológica convencional Cajabamba siendo esta la más cercana al proyecto.

3.4 VEGETACIÓN

La zona de investigación presenta, arboles de eucalipto, arbustos en la parte alta de y casi nada de vegetación cerca al río por estar en contacto con los residuos mineros abandonados.



Fotografía N° 1: Vegetación en los márgenes del río Cañaris.

3.5 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.5.1 Geología Local

Formación Chimú: Litológicamente, la Formación Chimú consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de areniscas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso, con ocasionales lentes de granos de cuarzo poco redondeados. Tiene un grosor aproximadamente superior a 1 un metro.

Formación Santa: Calizas gris oscuras con venillas de calcita con lentes de lutitas grises. en el área consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos. El cambio de facies es notable según los lugares; así, mientras en la zona de Huamachuco y Cajamarca la proporción calcárea es predominante. La Formación Santa intemperiza generalmente con un tono gris marrón. Localmente

contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones, están cubiertos mayormente por suelo, razón por la que sólo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Siempre da terrenos blancos, deleznable y fangosos. Ocasionalmente tiene horizontes fosilíferos.

Formación Carhuaz: Areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas marrones. Consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. Solamente en la bajada a la hacienda Jocos (Cajamarca) se ha observado por vez primera, delgados lechos carbonosos en esta formación. La Formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la Formación Santa e infrayace concordantemente a la Formación Farrat.

Formación Farrat: Consta de areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje.

Formación Inca Infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat, con un aparente paso transicional. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y areniscas cuarzosas, dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza, pero en el resto del área, el color predominante es amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa de los 100 m

Formación Chulec Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste. Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados.

3.6 PROCEDIMIENTO

Los procedimientos de adquisición, tratado e interpretación de la información hechas a partir de técnicas, herramientas y criterios se encuentran comprendido en tres etapas o fases de

trabajo; de pre-campo, campo (in situ) y gabinete, los cuales cada etapa se detallan en los siguientes ítems.

3.6.1. Etapa de pre-campo

Compilación bibliográfica internacional, nacional y local y análisis de información extraídos de publicaciones geológicas, los informes ambientalistas, hidrológicos y base de datos; necesaria para un reconocimiento preliminar de la zona a investigar y planificación para realizar salidas a campo.

3.6.2. Etapa de campo

En la etapa de campo se empleó la observación y la utilización de ficha de campo para la obtención de datos que permitan luego determinar e interpretar el nivel de riesgo ambiental; esta fase es muy importante para la recolección de muestras de campo y toma de datos in situ, ya que será la base para poder determinar características fisicoquímicas del agua en contacto con los residuos mineros y la caracterización de dichos residuos.

La recolección de muestras de agua se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Establecer los puntos de muestreo, considerar el lugar más adecuado según la red de drenaje y cercano a los residuos mineros, el tipo de agua, el tipo de muestreo y protocolos a realizar.
- Se establece periodo de toma de muestras: Considerar en que meses del año (estación) se toma las muestras de agua ya que va a intervenir en los resultados, en los meses de invierno los metales pesados van a hacer transportados debido a la cantidad de agua, mientras que en los meses de verano los metales pesados se van a depositar.
- Parámetros a analizar: Los parámetros a analizar son fisicoquímicos, así como también algunos metales pesados (Fe, Cu, As, Pb, Zn y Cd). Según los métodos normalizados de análisis en el laboratorio de agua del gobierno regional de Cajamarca.
- Preparación de material y equipo necesario: Tener en cuenta que para un muestreo de agua se debe de tener en cuenta el equipo adecuado: pH metro digital, frascos de plástico, guantes, marcador de frascos, cooler, preservantes, gel de hielo.

- Condiciones adecuadas para el transporte y la conservación de las muestras: Una vez tomada la muestra debe cerrarse herméticamente y etiquetarse correctamente, así como también la conservación y preservación de la muestra. Para evitar la inestabilidad de las muestras se les pueden mantenerlos refrigerados, la refrigeración tiene que ser menor a 6°C para su transporte.

3.6.3. Etapa de gabinete

La información recolectada en campo nos genera una base de datos que se debe procesar adecuadamente para poder estimar el nivel de riesgo ambiental que nos genera las aguas acidas de los residuos mineros en el Rio Cañaris.

Digitalización-. Es el proceso donde se ubica los puntos de muestreo en el plano a escala para realizar los diferentes mapas como: ubicación, accesibilidad, hidrológico, geológico, y un mapa de nivel de riesgo ambiental con software de Global Mapper v. 21.0, ArcGis v.10.3 y Qgis.v. 3.6 según los resultados obtenidos con la aplicación metodológica.

Los resultados obtenidos del laboratorio de las muestras de agua son procesados para poder hacer una ponderación y realizar gráficos estadísticos comparados con los límites máximos permisibles (LMP) y estándares de Calidad Ambiental para agua.

Los datos son la base fundamental del estudio que servirán para procesar y luego interpretar resultados; para lo cual se debe tener un cuidado especial en la recopilación de información.

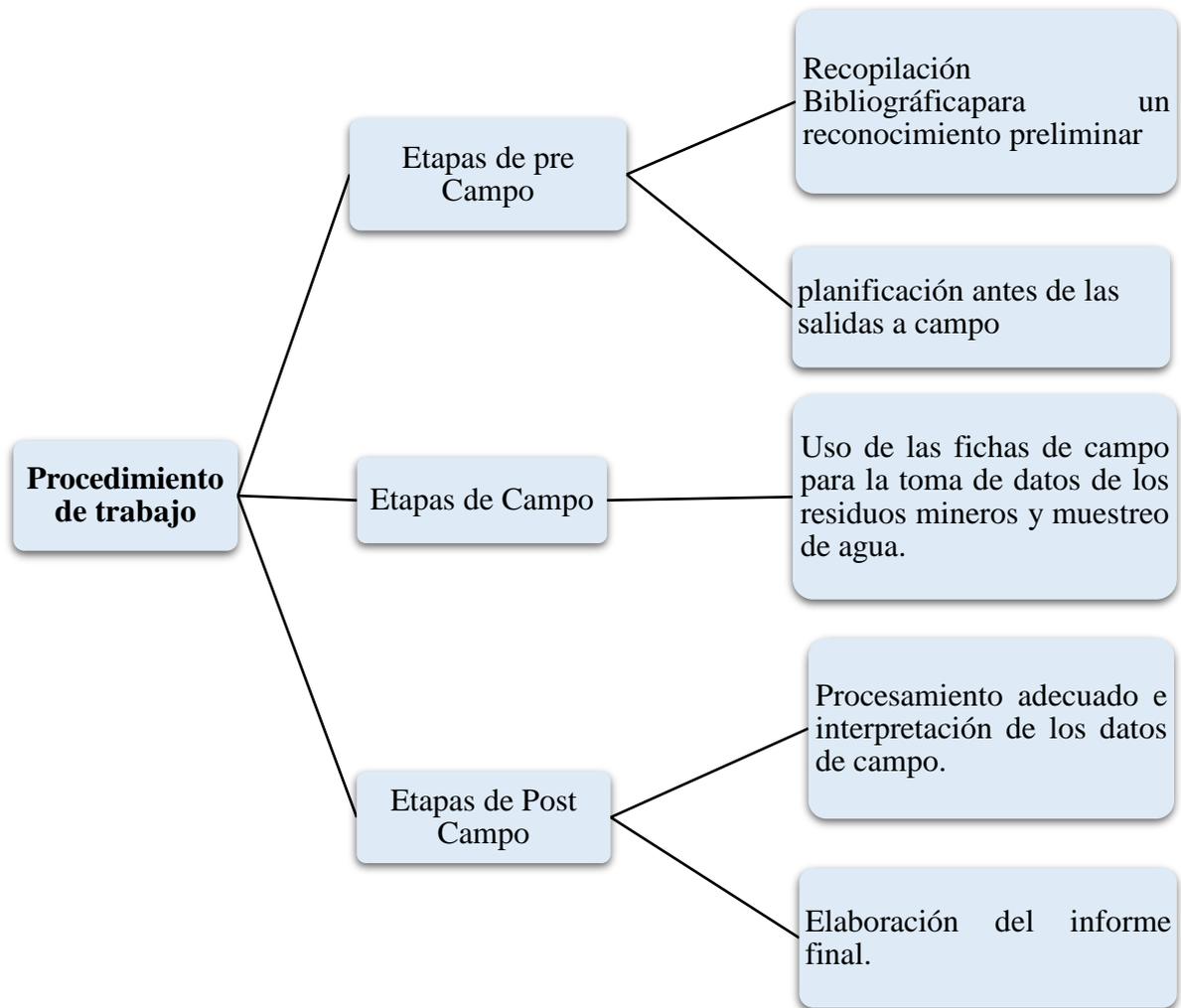


Figura N° 8: Esquema de procedimientos para la investigación.

3.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.7.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación según el nivel de investigación es descriptivo comparativo, consiste en la caracterización de un hecho según parámetros, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Según el diseño de la investigación es de Campo no experimental, porque la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos sin modificar ninguna variable; sintetiza para mejor entendimiento en la tabla 7

Tabla 7: Tipo de investigación

Clasificación	Tipo de Investigación
Según el Nivel	Descriptivo, analítico, comparativo
Según el diseño	De Campo no experimental

Fuente: Tomado de Arías, 2012.

3.7.2 Metodología de la Investigación

La presente investigación se desarrolla mediante la metodología de estimación del nivel de riesgo ambiental del ministerio del ambiente, donde utiliza un método de inducción – deducción; porque a partir de datos particulares se llega a una generalización.

La estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros se podrá determinar en función de la valoración del riesgo; considerando la probabilidad de ocurrencia de un accidente y su consecuencia negativa sobre el entorno natural, humano y socioeconómico.

3.8 CUENCA DEL RÍO CRISNEJAS

La cuenca Crisnejas comprende un área total de 4928 Km² la cuenca del río crisnejas pertenece a la vertiente del Atlántico y se localiza en límite de la cordillera occidental. Se encuentra en la confluencia del río Crisnejas con el Marañón en el límite de la cordillera oriental, formándose por la unión de los ríos Condebamba y Cajamarca. Es considerado uno de los principales afluentes del Marañón. Políticamente la cuenca se ubica en los departamentos de Cajamarca y la Libertad, enmarcándose en las provincias de Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Sánchez Carrión y una parte de Santiago de Chuco. Evaluación de recursos Hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú, Autoridad nacional del Agua, 2015.

Tabla 8: Coordenadas geográficas de la cuenca Crisnejas

sistemas	Datum	Componentes	valor	
			Mínimo	Máximo
Coordenadas Geográficas	Horizontal WGS 1984	Longitud Oeste	-78° 38' 2"	-77° 48' 46"
		Latitud Sur	-8° 0' 55"	-6° 55' 34"
Coordenadas UTM Zona 17	Horizontal WGS 1984	Metros Este	645 415	1 342 643
		Metros Norte	8 844 765	9 795 889
Coordenadas UTM Zona 18	Horizontal WGS 1984	Metros Este	99 300	189 154
		Metros Norte	9 113 137	9 233 490
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	msnm	1 078	4 525

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2015).

3.8.1. Microcuenca del Río Cañaris

La microcuenca del Río Cañaris, se encuentra ubicado dentro de la subcuenca del río Condebamba en el caserío de Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, presenta una superficie total comprendida de 68.25 km², presentando una longitud aproximada de 42.65 km.

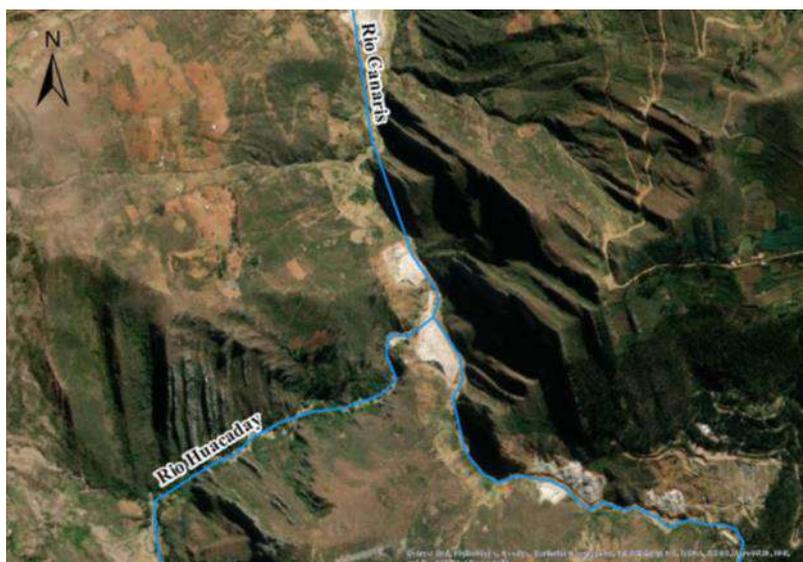


Figura N° 9: Ubicación hidrográfica del río Cañaris (Google Earth, 2019)

Metodología de la evaluación de Riesgo Ambiental

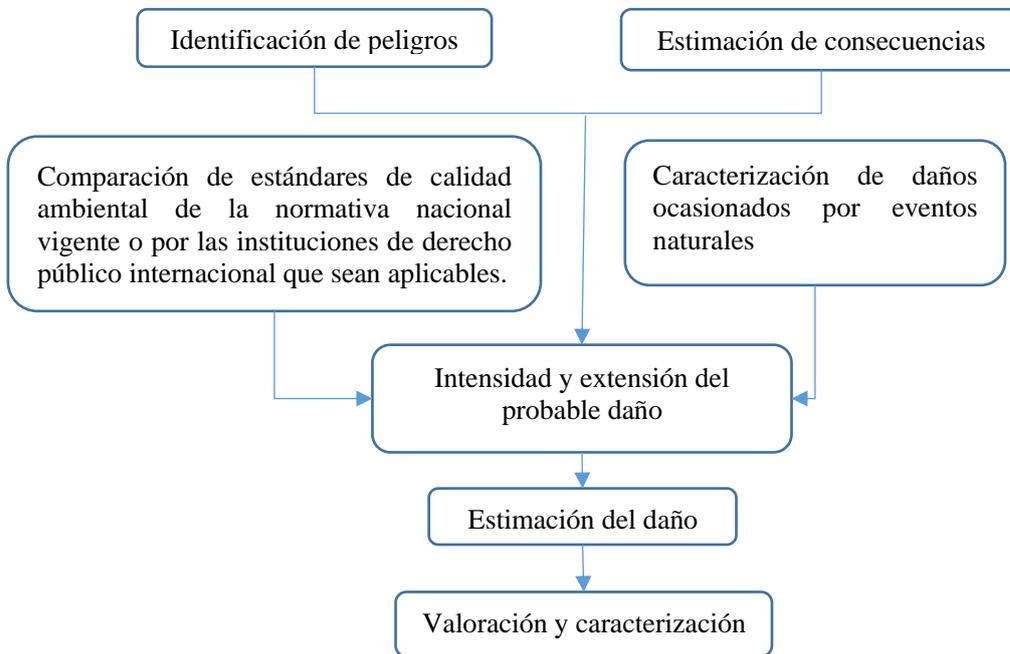


Figura N° 10: Esquema de la metodología de la evaluación de Riesgo ambiental.

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

3.8.2. Estimación del riesgo Ambiental

Para la investigación de la estimación del nivel de riesgo ambiental generado por aguas ácidas de residuos mineros, se calcula a través de la siguiente fórmula presentada en relación con la probabilidad y consecuencia:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Ecuación 1: Calculo de estimación del riesgo ambiental

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Aplicación de la Ecuación N°1

En la ecuación para la estimación del riesgo ambiental, el “riesgo” se determina en función de la “probabilidad” y la “consecuencia”. Para el cálculo del riesgo se tendrá en consideración la probabilidad de ocurrencia, mientras que el cálculo de la consecuencia se hará en función de los siguientes factores: (i) consecuencia en la salud, (ii) seguridad de la población y (iii) consecuencia en la calidad del ambiente.

CÁLCULO DE LA ESTIMACIÓN DE RIESGO CON ECUACIÓN 1

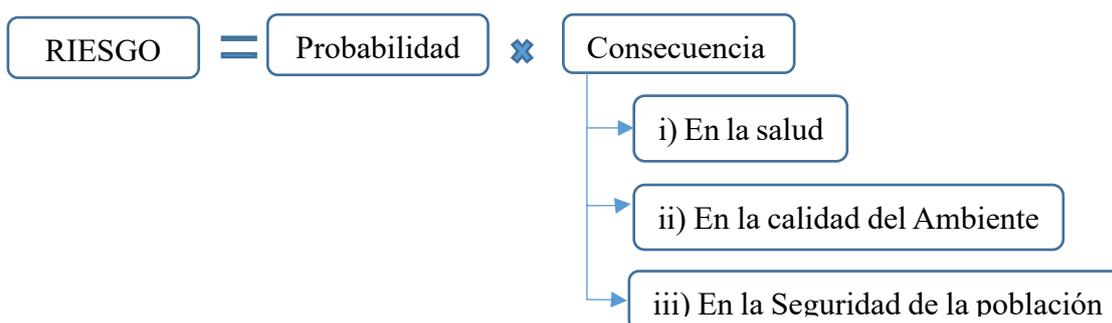


Figura N° 11: Calculo de la estimación de riesgo con ecuación 1

a) Estimación de la probabilidad

Se estimará la probabilidad de ocurrencia de un peligro o amenaza que compromete la salud y seguridad de la población y calidad del ambiente como consecuencia de la exposición a un determinado pasivo ambiental. Esta probabilidad es expresada en la frecuencia que pueda ocurrir o presentarse el riesgo ambiental. Los valores numéricos correspondientes se obtendrán de la tabla 9.

Tabla 9: Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de la ocurrencia	Valor
Se estima que ocurra de manera continua o diaria	5
Se estima que pueda suceder dentro de una semana	4
Se estima que pueda suceder dentro de un mes	3
Se estima que pueda suceder dentro de un año	2
Se estima que pueda suceder dentro de un periodo mayor a un año	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

b) Estimación de la consecuencia

La materialización de un riesgo puede generar consecuencias diferentes. Por esta razón, la estimación de la consecuencia se realizará en función del impacto del pasivo ambiental en la salud, la calidad del ambiente y la seguridad de la población.

b.1) Estimación de la consecuencia en la salud

La estimación de la consecuencia en la salud se determina en función de la sumatoria de los valores obtenidos en las variables siguientes:

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

Ecuación 2: Estimación de la consecuencia en la Salud

C = Cantidad

P = Peligrosidad

E = Extensión

Pobl. = Población potencialmente afectada

A continuación, se presentan los cuadros en los que se asigna los valores de las variables con las que se estimara la consecuencia en la salud

Cantidad (C)

La cantidad se determina de acuerdo con el análisis de las variables “componentes ambientales” e “infraestructura, residuos otros”, siendo que se elegirá la variable a analizar según su identificación en campo. La primera variable está referida a la cantidad del contaminante encontrado en el ambiente comparada con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) o norma referencial, y la segunda variable está referida a la cantidad del contaminante encontrado en el ambiente en función al volumen de infraestructura, residuos u otros identificados en campo. Los valores se detallan en la tabla 10:

Tabla 10: Valoración del factor de cantidad.

Cantidad	
Infraestructura residuo(s) u otros	Valor
Mayor a 500 toneladas	4
Entre 50 y 500 toneladas	3
Entre 5 y 49 toneladas	2
Menor a 5 toneladas	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Peligrosidad (P)

Se entiende como aptitud intrínseca de la sustancia para causar daño, su toxicidad, su posibilidad de acumulación o bioacumulación. Dichas características se encuentran recogidas y valoradas en la tabla 11. Para la aplicación de la presente metodología la mayor valoración es aquella que genera mayor daño.

Tabla 11: Factor de peligrosidad.

Peligrosidad (según caracterización)	Valor
Muy inflamable Muy tóxica Causa efectos irreversibles inmediatos	4
Explosiva Inflamable Corrosiva	3
Combustible	2
Daños leves y reversible	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Para determinar el valor del factor de peligrosidad de los valores 4 y 3 solo bastara identificar una característica, y en el caso que se cuente con dos o más características de diferentes valoraciones, se considera el valor más alto de los identificados.

Extensión (E)

Para la aplicación de la metodología, el factor extensión está referido a la distancia entre el pasivo y la población que potencialmente se encuentren afectados.

Tabla 12: Valores para actor de extensión

Extensión	Puntos
Presencia de la población adyacente, localizada en el mismo lugar del pasivo.	4
Presencia de la población a un radio menor a 0.5km	3
Presencia de la población a un radio de 0.5 a 1km	2
Presencia de la población a un radio mayor a 1km	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Población (Pobl.)

La variable población se encuentra en función del número de personas que se encuentren en riesgo de ser afectadas potencialmente, previo a la determinación de la extensión, es decir, se considerará el número de la población ubicada en la extensión determinada.

Tabla 13: Factor población potencialmente afectada

Población potencialmente afectada	Puntos
Más de 100 personas	4
Entre 50 y 100 personas	3
Entre 5 y 50 personas	2
Menos de 5 personas	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

En caso de que no hubiera población potencialmente afectada en forma directa debe considerarse un puntaje de uno.

b.2) Estimación de la consecuencia en la calidad del ambiente

La estimación de la consecuencia en la calidad del ambiente se realizará de acuerdo con la siguiente formula:

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

Ecuación 3: Calidad del Ambiente

C = Cantidad

P= Peligrosidad

E= Extensión

CM = Calidad del medio

La cantidad, peligrosidad y extensión de la variable calidad del ambiente son iguales a las de la variable salud. A continuación, se describe la estimación de la calidad del medio.

Tabla 14: Calidad del medio

Calidad del medio	Valor
Daños muy altos: explotación indiscriminada de los recursos naturales y existe un nivel de contaminación alto.	4
Daños altos: alto nivel de explotación de los recursos naturales y existe un nivel de contaminación moderado.	3
Daños moderados: nivel moderado de explotación de los recursos naturales y existe un nivel de contaminación leve.	2
Daños leves: conservación de los recursos naturales y no existe contaminación.	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

b.3) Estimación de la consecuencia en la seguridad de la población

La estimación de la consecuencia en la seguridad de la población se determina a partir de la sumatoria de los factores de accesibilidad, potencialidad de colapso, presencia de cercos y potencial generación de incendios o explosiones.

$$\text{Seguridad} = \sum (\text{factores})$$

Ecuación 4: Estimación de la consecuencia en la Seguridad de la población

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Factor Accesibilidad

Este factor es entendido como el grado de facilidad con que puede llegar al pasivo ambiental.

Tabla 15: Valores del factor de accesibilidad

Accesibilidad Valor	Valor
Adyacente a áreas pobladas, corta distancia a pie (menos de 1km)	4
Recorrido largo a pie en vía no demarcada (mayor a 1km)	3
En vehículo, seguido de distancia corta a pie (mayor a 1k	2
Para llegar se requiere un vehículo de transporte (bote, helicóptero, avión)	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Factor de potencial colapso

Este factor se aplica a las estructuras de las instalaciones y construcciones que estén generando riesgo de colapso.

Tabla 16: Valores del factor de potencial de colapso

Potencial Colapso	Valor
Instalaciones con/sin cimentación deteriorada y con construcciones inestables y elevadas (mayores a 2.5m de altura) con potencial caída de escombros.	4
Instalaciones con/sin cimentación deteriorada y con construcciones inestables y elevadas (mayores a 2.5m de altura).	3
Instalaciones con/sin cimentación deteriorada y con construcciones inestables de poca elevación (entre 1.5 a 2.5m de altura)	2
Instalaciones con/sin cimentación deteriorada y con construcciones inestables a nivel del suelo (menor a 1.5m)	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Factor presencia de cercos

Este factor es puntual en cuadro a la presencia o ausencia de cercos y sus respectivas señalizaciones, que impidan el ingreso de personas a los pasivos ambientales

Tabla 17: Valores del factor de presencia de cercos

Presencia de cercos y señales	Valor
Zona afectada no cercada ni señalizada	4
Zona afectada no cercada ni señalizada	3
Zona afectada cercada y no señalizada	2
Zona afectada con cercos y señales, ambos deteriorados	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

Factor de derrames

Este factor muy importante debido a que los residuos que se encuentren, producto de las operaciones mineras.

Tabla 18: Valores del factor potencia de derrames.

Potencial de Derrames	Valor
Existen residuos abandonados a la intemperie.	4
Existen residuos abandonados en áreas cercadas.	3
Existen residuos almacenados en infraestructuras deterioradas.	2
Existen residuos cuyas propiedades se encuentran neutralizadas	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

c) Estimación resultante de la consecuencia

c.1) De la consecuencia en la salud

La puntuación obtenida en la ecuación 2 deberá ser comparada con la puntuación indicada en la tabla 19 para obtener la condición y valor correspondiente a la consecuencia en la salud.

Tabla 19: Valores de la estimación resultante de la consecuencia en la salud

Puntuación	Condición de la consecuencia	Valor
18-20	Crítica	5
15-17	Grave	4
11-14	Moderada	3
8-10	Leve	2
5-7	No relevante	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

c.2) De la Consecuencia en la calidad del ambiente

La puntuación obtenida en la ecuación 3 deberá ser comparada con la puntuación indicada en la tabla 20, a efectos de obtener la condición y el valor correspondiente a la consecuencia en la calidad del ambiente.

Tabla 20: Estimación de la consecuencia en la calidad del ambiente

Puntuación	Condición de la consecuencia	Valor
18-20	Crítica	5
15-17	Grave	4
11-14	Moderada	3
8-10	Leve	2
5-7	No relevante	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

c.3) De la consecuencia en la seguridad de la población

La puntuación obtenida en la ecuación 4 deberá obtener la condición y el valor correspondiente a la consecuencia en la seguridad de la población.

Tabla 21: Valoración asignada a la consecuencia en la seguridad de la población

Puntuación	Condición de la consecuencia	Valor
15-16	Crítica	5
13-14	Grave	4
10-12	Moderada	3
7-9	Leve	2
4-6	No relevante	1

Fuente: Montalvo y Luque (2010).

d) Estimación Del Nivel Del Riesgo

Teniendo en cuenta que la estimación del nivel del riesgo ambiental resulta de la multiplicación de la probabilidad y la consecuencia en la salud, la calidad del ambiente y la seguridad de la población (Ecuación 1), deben considerarse las siguientes reglas:

- El riesgo será estimado en función de la probabilidad por la consecuencia para cada uno de los tres entornos (salud de la población, calidad del ambiente y seguridad de la población), lo cual permitirá calificar el nivel de riesgo para cada uno de ellos.
- El resultado del producto de la probabilidad y la consecuencia determinara el nivel de riesgo, que podría ser alto, medio o bajo, de acuerdo con los rangos establecidos en la tabla 22, que se presenta a continuación:

Tabla 22: Determinación del nivel de riesgo

Nivel de riesgo en función de la salud, seguridad de la población y calidad de ambiente	Rango del riesgo
Riesgo alto	16-25
Riesgo medio	6-15
Riesgo bajo	1-5

Fuente: Montalvo y Luque (2010)

3.8.3 Población de estudio

Los residuos mineros adyacentes al río Cañaris de la zona de Algamarca – Cajabamba una longitud de 4 Km aproximadamente

3.8.4 Muestra

La toma de muestras se realizó en puntos específicos de Aguas ácidas generadas por residuos mineros presentes.

3.8.5 Unidad de Análisis

Análisis Físico químico del contenido de las muestras de agua determinando: pH, Metales disueltos y totales, Aniones, Conductividad, Bicarbonatos

3.9 DEFINICIÓN DE VARIABLES

3.9.1 Variables independientes

- Residuos mineros

Son aquellos residuos sólidos, acuosos o en pastas, que quedan tras las actividades de exploración, explotación y de investigación, y se rigen por la legislación de minas.

- Aguas ácidas

Son aguas que se producen como resultado de la oxidación química y biológica de sulfuros metálicos, especialmente piritita o pirrotita, que se pueden encontrar presentes o formando parte de botaderos, relaves, basuras municipales.

3.9.2 Variables Dependiente

- Riesgo Ambiental

Se define como la frecuencia 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.

3.9.3 Equipos y Materiales

3.9.3.1 Equipos

Sistema de Posición Global (GPS). Se utilizó para la ubicación espacial de los residuos mineros; a través de sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).

Brújula Brunton. Para medir dirección de los flujos de drenaje ácido ocasionado por los pasivos.

Multiparámetro Digital HI 9829. Para determinar el pH en campo de los puntos de muestreo de agua.

Laptop Toshiba. Para procesar la información obtenida de campo con Microsoft Office y elaboración de planos

Cámara digital Canon 16 Mgp. Instrumento utilizado para el registro fotográfico.

3.9.3.2 Materiales

Plano topográfico. Se utilizó como base para el cartografiado geológico en el Datum (WGS-84), a escala 1/5000

Plano geológico. Cuadrángulo geológico (1/100 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

Libreta de campo. Se utilizó para la anotación de puntos, datos, muestreo y otros.

Lápiz, lapiceros y marcadores. Se utilizó para el apunte de datos, así como para la codificación de muestras de agua.

Picota Geológica. Para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.

Frascos de plástico. Para la recolección de muestras de agua de los diferentes puntos de muestreo.

Cooler y geles de hielo. Para el transporte y la conservación de las muestras de agua.

Buffer de pH. Para la calibración del multiparámetro (phómetro).

Instrumentos de recolección de datos de campo. Para la recolección de la data recopilada de campo:

- Fichas de muestreo y análisis Físico químico de agua.
- Ficha de caracterización de residuos mineros y estimación de nivel de riesgo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La Estimación del nivel de riesgo ambiental de drenaje ácido generado por relaves mineros abandonados en el río Cañaris- Algamarca- Cajabamba, nos muestra cómo afectan al área de influencia, obteniendo un nivel de riesgo alto según las muestras de agua analizadas y aplicando la metodología de evaluación de riesgos ambientales del ministerio del Ambiente. Para la selección del punto de muestreo lo largo del río Cañaris se consideró criterios de accesibilidad y Representatividad; que sean cercanos a los residuos mineros presentes en el río Cañaris.

4. 1.1 Aguas ácidas

4.1.1.1 Muestreo de agua

Se realizó la toma de muestras de agua de 6 puntos, los puntos se encuentran cerca a los relaves mineros presentes en el margen de río Cañaris se tomaron donde existen pasivos ambientales que están afectados directamente. El pH básico que presenta en las muestras P-03, es debido al ámbito geológico (rocas calcáreas), que es lo que le da es aspecto básico. A diferencia de las demás muestras, que presenta un pH ácido, es debido a que es afectado por los residuos mineros en contacto con el agua del río Cañaris.

Tabla 23: Ubicación de puntos de muestreo de agua

Muestra	Longitud	Latitud	Ubicación	Hora	Fecha
P-01	801637	9159424	Río Cañaris	09:25	23/05/19
P-02	801741	9158639	Río Cañaris	10:30	23/05/19
P-03	801883	9158384	Río Cañaris	12:16	23/05/19
P-04	802101	9157921	Río Cañaris	13:50	23/05/19
P-05	802493	9157788	Río Cañaris	15:23	23/05/19
P-06	802674	9157710	Río Cañaris	16:25	23/05/19

4.1.1.2 Comparación de resultados del muestreo de agua con los estándares de Calidad Ambiental

Los resultados de la concentración de metales pesados de las muestras de agua son comparados con los Estándares de Calidad ambiental para agua; donde los puntos con mayor concentración de metales son P-01, P-02, P-04 y P-05; aportando drenaje ácido directamente al río Cañaris.

Categoría D1: riego de vegetales

Tabla 24: Resultados de los puntos de muestreo de agua, comparados con categoría D1.

Parámetros	ECA/D1	Muestras					
		P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
pH	6.5-8.5	6.42	6.47	8.25	5.43	5.32	7.77
Al	5	1.41	0.968	0.171	1.306	1.215	0.084
As	0.1	0.444	0.248	<0.003	0.354	0.366	0.004
Cd	0.01	0.022	0.017	<0.002	0.025	0.024	<0.002
Cu	0.2	8.13	5.75	<0.014	7.893	8.009	0.025
Fe	5	12.14	7.874	0.161	10.82	10.14	0.17
Ní	0.2	0.009	0.006	<0.002	0.008	0.008	0.003
Pb	0.005	0.006	<0.003	<0.003	0.006	<0.003	<0.003
Zn	2	0.89	0.62	<0.016	0.848	0.837	0.053

Categoría D2: bebida de animales

Los resultados de la concentración de metales pesados de las muestras de agua son comparados con los Estándares de Calidad ambiental para agua; donde los puntos con mayor concentración de metales son P-01, P-02, P-04 y P-05; aportando drenaje ácido directamente al río Cañaris.

Tabla 25: Resultados de los puntos de muestreo de agua, comparados con categoría D2.

Parámetros	ECA/D2	Muestra					
		P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
pH	6.5-8.5	6.42	6.47	8.25	5.43	5.32	7.77
Al	5	1.41	0.968	0.171	1.306	1.215	0.084
As	0.2	0.444	0.248	<0.003	0.354	0.366	0.004
Cd	0.05	0.022	0.017	<0.002	0.025	0.024	<0.002
Cu	0.5	8.13	5.75	<0.014	7.893	8.009	0.025
Fe	**	12.14	7.874	0.161	10.82	10.14	0.17
Ní	0.2	0.009	0.006	<0.002	0.008	0.008	0.003
Pb	0.005	0.006	<0.003	<0.003	0.006	<0.003	<0.003
Zn	24	0.89	0.62	<0.016	0.848	0.837	0.053

4.1.1.3 Características de los metales pesados de acuerdo a los resultados

A. Arsénico: De los resultados obtenidos, las muestras P-01, P-02, P-04 Y P-05, superan los estándares de calidad ambiental para las categorías D1, riego de vegetales y D2, bebida de animales. Por el contrario, las muestras P-01 y P-06, se encuentran por debajo de los estándares.

B. Cadmio: De los resultados obtenidos, las muestras P-01, P-02, P-04 Y P-05, superan los estándares de calidad ambiental sólo para la categoría D1, riego de vegetales y D2. Por el contrario, las muestras P-01 y P-06, se encuentran por debajo de los estándares.

C. Plomo: De los resultados obtenidos, las muestras P-01 Y P-04, superan los estándares de calidad ambiental para las categorías D1, riego de vegetales y D2, bebida de animales. Por el contrario, las muestras, P-02, P-03, P-05 Y P-06 se encuentran por debajo de los estándares.

D. Hierro: De los resultados obtenidos, las muestras P-01, P-02, P-04 Y P-05, superan los estándares de calidad ambiental para la categoría D1, riego de vegetales.

E. Cobre: De los resultados obtenidos, las muestras P-01, P-02, P-04 Y P-05, superan los estándares de calidad ambiental para las categorías D1, riego de vegetales y D2, bebida de animales. Por el contrario, las muestras P-01 y P-06, se encuentran por debajo de los estándares.

F. Aluminio: De los 6 puntos muestreados, los resultados obtenidos no superan a los estándares de calidad ambiental.

G. Zinc: De los 6 puntos muestreados, los resultados obtenidos no superan a los estándares de calidad ambiental.

H. Níquel: De los 6 puntos muestreados, los resultados obtenidos no superan a los estándares de calidad ambiental.

4.1.1.4 Los Límites máximo permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividad Minero – Metalúrgico

Los resultados obtenidos de las muestras de agua son comparados con los LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividad Minero – Metalúrgico

Tabla 26: Resultados de muestreo de agua, comparados LMP

Muestra	pH	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
LMP	6.5-9	0.1	0.05	0.1	0.5	2	0.2	1.5
P-01	6.42	0.444	0.022	<0.002	8.13	12.14	0.004	0.89
P-02	6.47	0.248	0.017	<0.002	5.75	7.874	<0.003	0.62
P-03	8.25	<0.003	<0.002	<0.002	<0.014	0.161	<0.003	<0.016
P-04	5.43	0.354	0.025	<0.002	7.893	10.82	0.006	0.848
P-05	5.32	0.366	0.024	<0.002	8.009	10.14	<0.003	0.837
P-06	7.77	0.004	<0.002	<0.002	0.025	0.17	<0.003	0.053

4. 1.2 Estimación del nivel de riesgo ambiental de agua

4. 1.2.1 Cálculo del riesgo ambiental de las muestras de agua

Para realizar el cálculo del nivel de riesgo ambiental se aplicará a las muestras de agua, la ecuación 1; en función de la probabilidad de ocurrencia y en función de: consecuencias en la salud, la calidad del ambiente y la seguridad de la población.

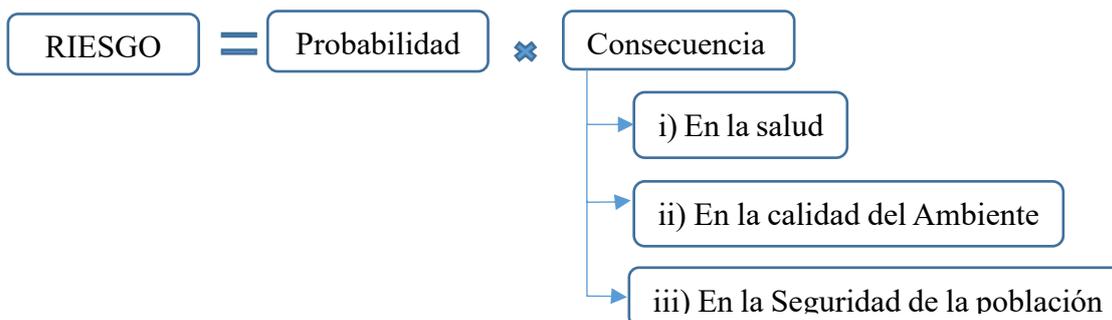


Figura N° 12: Cálculo de la estimación de riesgo

Probabilidad: La probabilidad de ocurrencia es calculado según la tabla 9, para las sustancias de arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo y zinc; considerado en cada una de las 6 muestras tomadas en el río Cañaris, Algamarca; como se observa en la tabla 27.

Tabla 27: Valoración de la probabilidad

Substancia	Causa	Consecuencia	Probabilidad
As	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Cd	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Cr	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Cu	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Fe	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Pb	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5
Zn	Proceso Industrial	Contaminación de agua	5

Estimación de la gravedad de consecuencias del recurso agua del río Cañaris, Algamarca.

Consecuencia:

- **Salud:**

Tabla 28: Valoración de las consecuencias en la salud

CONSECUENCIA EN SALUD = C + 2(P) + E + Pobl.						
Escenario	C	P	E	Pobl.	Resultado	Puntuación total
Emisión de efluentes de As	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cd	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cr	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cu	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Fe	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Pb	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Zn	1	4	4	3	16	4

- **Calidad del ambiente:**

Tabla 29: Valoración de la consecuencia en la calidad del ambiente

CALIDAD DEL AMBIENTE = C + 2(P) + E + CM						
Escenario	C	P	E	C.M	Resultado	Puntuación total
Emisión de efluentes de As	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cd	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cr	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Cu	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Fe	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Pb	1	4	4	3	16	4
Emisión de efluentes de Zn	1	4	4	3	16	4

- Seguridad de la población

Tabla 30: Valoración de la consecuencia en la seguridad de la población

SEGURIDAD DE LA POBLACIÓN = \sum (factores)						
Escenario	A	P.C.	Presencia de cercos	F.D.	Gravedad	Puntuación total
Emisión de efluentes de As	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Cd	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Cr	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Cu	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Fe	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Pb	3	3	4	4	14	4
Emisión de efluentes de Zn	3	3	4	4	14	4

Nivel de riesgo de muestras de agua, en función de la salud, seguridad de la población y la calidad del ambiente:

$$\text{Nivel de riesgo} = \frac{R. \text{Salud} + R. \text{seguridad de la población} + R. \text{calidad del ambiente}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo} = \frac{(5 \times 4) + (5 \times 4) + (5 \times 4)}{3} = \frac{20 + 20 + 20}{3} = 20$$

Tabla 31: Valoración del nivel de riesgo de las muestras de agua.

		Consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2					
	3					
	4					
	5				P-01, P-02, P-01, P-01, P-05, P-06	

Tabla 32: Valor de la estimación del nivel de riesgo del residuo minero R1

Nivel de riesgo en R1; en función de la salud, seguridad de la población y calidad de ambiente	Rango del riesgo
Riesgo alto	16-25
Riesgo medio	6-15
Riesgo bajo	1-5

Fuente: Modificado de Montalvo y Luque (2010).

El nivel de riesgo de las muestras de agua es Alto

4. 1.3 Resultados anteriores de muestreos de agua.

El análisis fisicoquímico de las muestras de agua fue tomado en los meses de octubre y noviembre del año 2018 y 2019 con la finalidad de determinar pH del agua del río cañaris y las quebradas: el milagro, el cobre, santo cristo y las cuchillas; que desembocan en el río Cañaris de la zona de Algamarca, del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba.

Tabla 33: Resultados DE ph de los puntos de muestreo de agua, año 2018

Muestra	Longitud	Latitud	Ubicación	Hora	Fecha	pH
M-01	803491	9156051	Río Cañaris	11:53	31/10/2018	5.6
M-02	805370	9156806	Qda. El milagro	12:36	01/11/2018	5.91
M-03	805160	9156999	Qda. El Cobre	12:06	01/11/2018	5.4
M-04	804097	9156546	Qda. El Milagro	10:53	31/10/2018	5.4
M-05	803293	9156913	Río Cañaris	13:01	31/10/2018	5.34
M-06	804188	9158936	Qda. Santo Cristo	15:31	02/11/2018	3.93
M-07	803741	9158565	Qda. Santo Cristo	16:16	01/11/2018	5.92
M-08	803356	9158108	Qda. Santo Cristo	17:06	01/11/2018	5.67
M-09	802723	9157518	Río Cañaris	14:23	31/10/2018	5.4
M-10	801926	9158055	Río Cañaris	14:55	31/10/2018	4.61
M-11	801643	9158061	Qda. Las Cuchillas	15:58	31/10/2018	5.7
M-12	801549	9159588	Río Cañaris	17:48	31/10/2018	2.32

4.2. RESIDUOS MINEROS EN LA ZONA DEL RÍO CAÑARIS

En el área de estudio mineros se identificaron 5 zonas de residuos mineros (R1, R2, R3, R4 Y R5), en la margen del río Cañaris: de los cuales 4 zonas son residuos mineros de tipo relave (R2, R3, R4 Y R5) y una zona de relave con desmote minero(R1). Como se observa en la Imagen 4.

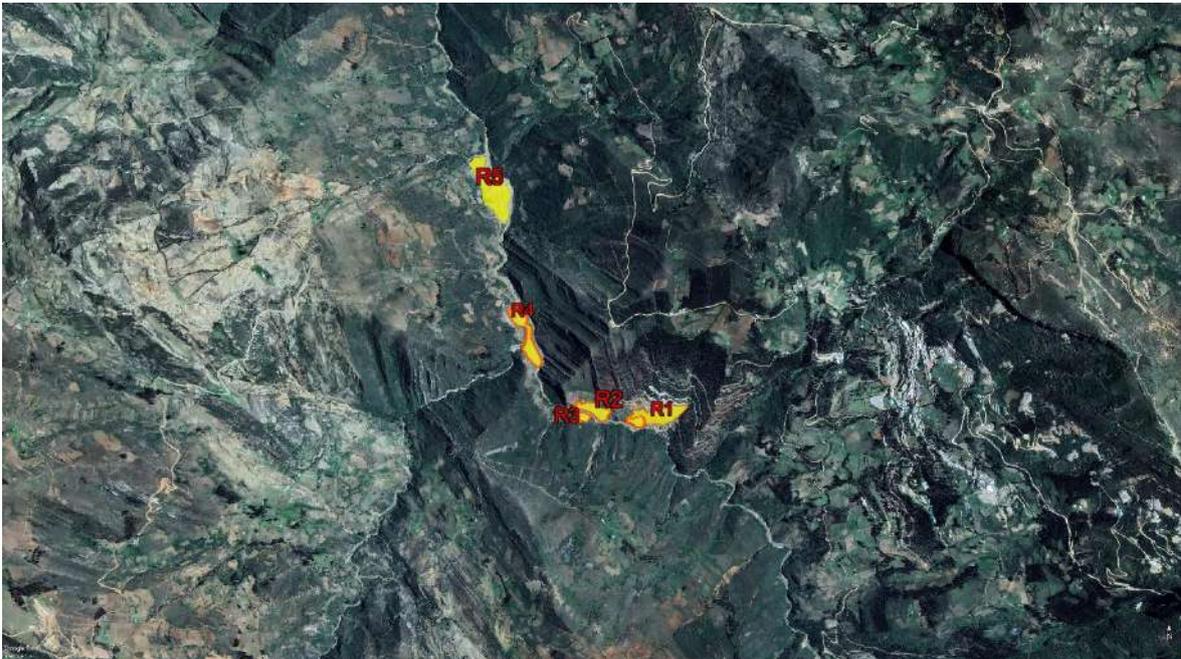


Figura N° 13: Delimitación de residuos mineros en el río Cañaris.

4.2.1 Cálculo de volumen de residuos mineros con software.

El cálculo del volumen de los residuos mineros se realizó con ayuda del software ArcGIS, tomando en cuenta las curvas de nivel de la zona.

- **Residuo R1:** Está conformado por relaves y desmote minero, se ubica en el margen derecho del río Cañaris y presenta un volumen de 7633.719 m³.



Figura N° 14: Delimitación de residuo minero R1.

- **Residuo R2:** Está conformado por relave minero, se ubica en el margen derecho del río Cañaris y presenta un volumen de 24084.736 m³.



Figura N° 15: Delimitación de residuo minero R2.

- **Residuo R3:** Está conformado por relave de mina, se ubica en el margen derecho del río Cañaris y presenta un volumen de 2532.9073 m³.



Figura N° 16: Delimitación de residuo minero R3.

- **Residuo R4:** Está conformado por relave minero, se ubica en el margen derecho del río Cañaris y presenta un volumen de 19924.3769 m^3 .



Figura N° 17: Delimitación de residuo minero R4.

- **Residuo R5:** Está conformado por relave de mina, se ubica en el margen derecho del río Cañaris y presenta un volumen de 58625.151 m^3 .



Figura N° 18: Delimitación de residuo minero R5.

4.3 RIESGO AMBIENTAL

4.3.1 Estimación del riesgo Ambiental en Residuos mineros

Para la investigación de la estimación del nivel de riesgo ambiental generado por aguas ácidas de residuos mineros en el río Cañaris, se calcula a través de la siguiente fórmula presentada en función de la probabilidad y en función de consecuencia; aplicado a cada residuo minero presente en el área de estudio.

CÁLCULO DE LA ESTIMACIÓN DE RIESGO CON ECUACIÓN 1

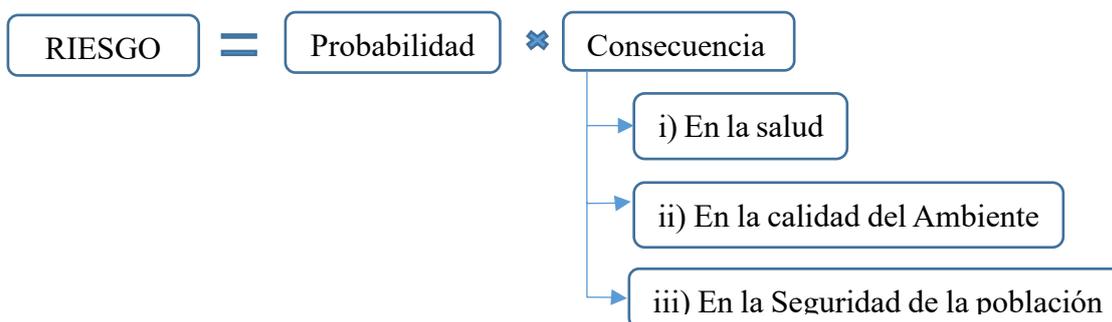


Figura N° 19: Calculo de la estimación de riesgo.

4.3.1.1 Aplicación de la Ecuación N°1 para Residuos mineros

Probabilidad:

Tabla 34: Valor de la probabilidad para residuos mineros.

Código	Causa	Consecuencia	Prob.
R1	Proceso Industrial	Contaminación de agua y suelo	5
R2	Proceso Industrial	Contaminación de agua y suelo	5
R3	Proceso Industrial	Contaminación de agua y suelo	5
R4	Proceso Industrial	Contaminación de agua y suelo	5
R5	Proceso Industrial	Contaminación de agua y suelo	5

Consecuencia:

- Salud

Tabla 35: Valor de la consecuencia en salud para residuos mineros.

CONSECUENCIA EN SALUD = C + 2(P) + E + Pobl.							
Código	Descripción	C	P	E	Pobl.	Resultado	Puntuación total
R1	Relave y desmonte minero	3	4	3	3	17	4
R2	Relave minero	3	4	2	2	15	4
R3	Relave minero	2	4	2	2	14	3
R4	Relave minero	4	4	2	3	17	4
R5	Relave minero	3	4	3	3	17	4

- **Calidad del ambiente (CA)**

Tabla 36: Valor de la consecuencia a la calidad del ambiente de los residuos mineros.

CALIDAD DEL AMBIENTE (CA) = C + 2(P) + E + CM							
Código	Descripción	C	P	E	C.M	Resultado	Puntuación total
R1	Relave y desmonte minero		4	3	4	18	5
R2	Relave minero	3	4	2	3	16	4
R3	Relave minero	2	4	2	4	16	4
R4	Relave minero	4	4	2	4	18	5
R5	Relave minero	3	4	3	3	17	4

- **Seguridad de la población**

Tabla 37: Valor de la consecuencia en la seguridad de la población de los residuos mineros.

SEGURIDAD DE LA POBLACIÓN = \sum (factores)							
Código	Descripción	A	P.C.	Pres. de cercos	F.D.	Gravedad	Puntuación total
R1	Relave y desmonte minero	3	3	4	4	14	4
R2	Relave minero	3	3	4	4	14	4
R3	Relave minero	3	3	4	4	14	4
R4	Relave minero	3	3	4	4	14	4
R5	Relave minero	3	3	4	4	14	4

Nivel de riesgo de los residuos mineros, en función de la salud, seguridad de la población y la calidad del ambiente:

- **R. Salud (R1) = Probabilidad R1 × Val. de la consecuencia en la salud R1**
R. Salud(R1) = 5 × 4
R. Salud(R1) = 20.

- **R. Calidad del ambiente(R1) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la CA R1**
R. Calidad del ambiente(R1) = 5 × 5
R. Calidad del ambiente(R1) = 25

- **R. Seg. Pobl. (R1) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la seguridad de la pobl. R1**
R. Seg. Pobl. (R1) = 5 × 4
R. Seg. Pobl. (R1) = 20

$$\text{Nivel de riesgo } R1 = \frac{R. \text{ Salud} + R. \text{ calidad del ambiente} + R. \text{ seguridad de la población}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo } R1 = \frac{20 + 25 + 20}{3} = 21.6$$

- *R. Salud (R2) = Probabilidad R1 × Val. de la consecuencia en la salud R2*
R. Salud(R2) = 5 × 4
R. Salud(R2) = 20.
- *R. Calidad del ambiente(R2) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la CA R2*
R. Calidad del ambiente(R2) = 5 × 4
R. Calidad del ambiente(R2) = 25
- *R. Seg. Pobl. (R2) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la seguridad de la pobl. R2*
R. Seg. Pobl. (R2) = 5 × 4
R. Seg. Pobl. (R2) = 20

$$\text{Nivel de riesgo } R2 = \frac{R. \text{ Salud} + R. \text{ calidad del ambiente} + R. \text{ seguridad de la población}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo } R2 = \frac{20 + 20 + 20}{3} = 20$$

- *R. Salud (R3) = Probabilidad R1 × Val. de la consecuencia en la salud R3*
R. Salud(R3) = 5 × 3
R. Salud(R3) = 15.
- *R. Calidad del ambiente(R3) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la CA R3*
R. Calidad del ambiente(R3) = 5 × 4
R. Calidad del ambiente(R3) = 20
- *R. Seg. Pobl. (R3) = Prob. R1 × Val. Consecuencia en la seguridad de la pobl. R3*
R. Seg. Pobl. (R3) = 5 × 4
R. Seg. Pobl. (R3) = 20

$$\text{Nivel de riesgo } R3 = \frac{R. \text{ Salud} + R. \text{ calidad del ambiente} + R. \text{ seguridad de la población}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo } R3 = \frac{15 + 20 + 20}{3} = 18.33$$

- *R. Salud (R4) = Probabilidad R1 × Val. de la consecuencia en la salud R4*
R. Salud(R4) = 5 × 4

$$R. \text{ Salud}(R4) = 20.$$

- $R. \text{ Calidad del ambiente}(R4) = \text{Prob. } R1 \times \text{Val. Consecuencia en la CA } R4$

$$R. \text{ Calidad del ambiente}(R4) = 5 \times 5$$

$$R. \text{ Calidad del ambiente}(R4) = 25$$

- $R. \text{ Seg. Pobl. } (R4) = \text{Prob. } R1 \times \text{Val. Consecuencia en la seguridad de la pobl. } R4$

$$R. \text{ Seg. Pobl. } (R4) = 5 \times 4$$

$$R. \text{ Seg. Pobl. } (R4) = 20$$

$$\text{Nivel de riesgo } R4 = \frac{R. \text{ Salud} + R. \text{ calidad del ambiente} + R. \text{ seguridad de la población}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo } R4 = \frac{20 + 25 + 20}{3} = 21.6$$

- $R. \text{ Salud } (R5) = \text{Probabilidad } R1 \times \text{Val. de la consecuencia en la salud } R5$

$$R. \text{ Salud}(R5) = 5 \times 4$$

$$R. \text{ Salud}(R5) = 20.$$

- $R. \text{ Calidad del ambiente}(R5) = \text{Prob. } R1 \times \text{Val. Consecuencia en la CA } R5$

$$R. \text{ Calidad del ambiente}(R5) = 5 \times 4$$

$$R. \text{ Calidad del ambiente}(R5) = 25$$

- $R. \text{ Seg. Pobl. } (R5) = \text{Prob. } R1 \times \text{Val. Consecuencia en la seguridad de la pobl. } R3$

$$R. \text{ Seg. Pobl. } (R5) = 5 \times 4$$

$$R. \text{ Seg. Pobl. } (R5) = 20$$

$$\text{Nivel de riesgo } R5 = \frac{R. \text{ Salud} + R. \text{ calidad del ambiente} + R. \text{ seguridad de la población}}{3}$$

$$\text{Nivel de riesgo } R5 = \frac{20 + 20 + 20}{3} = 20$$

Estimación del nivel de riesgo ambiental para residuos mineros presentes en el río cañaris.

		Consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2					
	3					
	4					
	5				<i>R1, R2, R3, R4, R5</i>	

Tabla 38: Valor de la estimación del nivel de riesgo del residuo minero R1

Nivel de riesgo en R1; en función de la salud, seguridad de la población y calidad de ambiente	Rango del riesgo
Riesgo alto	16-25
Riesgo medio	6-15
Riesgo bajo	1-5

Fuente: Modificado de Montalvo y Luque (2010).

Nivel de riesgo ambiental de los residuos mineros es alto

4.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La estimación del nivel de riesgo ambiental que producen las aguas acidas generadas por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, fue mediante la identificación, delimitación (Imagen 1: Delimitación de residuos mineros (R1, R2, R3, R4 Y R5) en el río Cañaris) y caracterización de 5 zonas de riesgo por pasivos ambientales de tipo relave y restos mineros (como se presenta en las fichas de estimación de riesgo ambiental de residuos mineros R1, R2, R3, R4 Y R5); y con los resultados del análisis químico y físico químico de las muestras de agua (Tabla 26) se determina la concentración de metales en las muestras, que al ser comparados se verifica que algunos valores sobrepasan lo establecido según normatividad de los límites máximo permisibles y los estándares de calidad Ambiental.

Siguiendo la metodología del ministerio del ambiente, guía para estimación de nivel de riesgo, y asignando los valores correspondientes para probabilidad de ocurrencia y el valor de riesgo en función de la salud, seguridad de la población y calidad de ambiente en las zonas con residuos mineros presentes en el río Cañaris; y aplicando la fórmula 01, de la ecuación de estimación de riesgo; se obtuvo un valor promedio de 20 que según la tabla 19 corresponde a un nivel de riesgo Alto. Con lo cual se corrobora la Hipótesis.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca – Cajabamba, es alto; según el análisis de 6 muestras de agua y la evaluación de 5 áreas de residuos mineros.

Según la metodología aplicada, la estimación del nivel de riesgo ambiental para agua y para residuos mineros presentes en el río Cañaris da como resultado el valor de 20 y corresponde un nivel alto de riesgo ambiental según la tabla 22.

El análisis físico químico se realizó a 6 muestras de agua, y las que muestran una alta concentración de metales pesados son los puntos P-01, P-02, P-04 Y P-05 y valoración de pH que va de 5.3 a 6.4, los resultados fueron comparados con los estándares de calidad para agua (en la categoría D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales) y los límites máximos permisibles.

El mapa de nivel de riesgo indica los puntos analizados (muestras de agua y zonas de residuos mineros), mostrando el nivel de riesgo alto con valores que se encuentran en el rango de 16 a 25. Generadas por el drenaje ácido de los residuos mineros presentes en el Río Cañaris.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar análisis físico químico y monitoreo continuo para determinar concentración de metales pesados y pruebas in situ para determinar grado de acidez; de los residuos mineros presentes en el río Cañaris; así como un monitoreo continuo de efluentes líquidos de las actividades de beneficio para poder determinar la carga contaminante; por parte del Organismo de evaluación y fiscalización de asuntos ambientales (OEFA) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Realizar el método de gaviones para delimitar y evitar desplazamiento del material de los residuos mineros, así mismo realizar un revestimiento con roca caliza de canales o zonas en contacto con los residuos mineros presentes en el Río Cañaris.

Capacitar continuamente a los miembros de la asociación San Blas y los habitantes de los centros poblados de influencia directa en temas ambientales, de seguridad y salud ocupacional, a cargo de La Dirección Regional de Energía y Minas de Cajamarca.

Monitorear el cumplimiento de las medidas de cierre y post cierre detallado en los Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal – IGAFOM; presentados actualmente por los titulares mineros artesanales de la zona de Algamarca a las autoridades correspondientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduvire, O. 2006. Drenaje ácido de mina, Generación y Tratamiento, pp 1-140.
- Arboleda, J. 2008. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, obras o actividades, pp 1-132.
- Autoridad Nacional del Agua, 2015. Evaluación de recursos Hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú.
- Cotrina, A. y Aroca S. 2015. Propuesta de diagnóstico ambiental preliminar para la asociación de mineros artesanales san Blas de Algamarca, Cajabamba, Cajamarca, pp 1-189.
- Chavéz, Q. 2015. Los pasivos ambientales mineros: diagnóstico y propuestas, pp 1-66.
- Gallardo, M. Cabrera, D Bruguera, A. y Madraz, E. 2013. Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río, pp 1-20.
- Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible. 2012. Pasivos ambientales mineros en la región Cajamarca, pp 1-55.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 1980. Boletín No. 31 Serie A. Carta Geológica Nacional, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos Y Cajabamba Hojas: 15 - f, 15 - g y 16 - g. pp 1-83.
- LI, L. 2013, Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización. .1-111.
- Montalvo, I., & Luque, J. 2010. Guía de evaluación de riesgos ambientales. Lima: Ministerio del Ambiente.1-119.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2017. Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados, pp 1-43.
- Ortiz, G. 2017. Evaluación Del Riesgo Ambiental De Los Pasivos Ambientales Mineros De La Subcuenca Río Tingo Maygasbamba En La Provincia De Hualgayoc – Cajamarca. 1-61.

- Romero, A., Flores S. & Medina, R. 2008. Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa, pp 1-4.
- Sergio, L. 2013. Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización 1-111
- Valdés, J. 2009. Metodología de Análisis de Riesgos Ambientales.
- Wayne, J. 2002. Drenaje Ácido Generado por la Minería.
- Zamora, E., et al. 2018. Metodología para la identificación y evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros con fines de priorización para su remediación. REV. MAMYM, pp. 31-43.

ANEXO I: FICHAS

Ficha de evaluación de residuos mineros en el río Cañaris.

Fichas de muestreo y análisis de agua.

Resultados de análisis de agua del laboratorio del laboratorio regional del agua- Cajamarca.

Modelo de Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal – IGAFOM, año 2020

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA					
Equipo Técnico	Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		Fecha	23/05/2019	
Código	R1		Hora	16:20	
Coordenadas			Río	Cañaris	
longitud	802476		Zona	17s	
Latitud	9157799		Datum	GSW84	
DESCRIPCION/ SITUACIÓN			FOTO		
<p>Residuo minero tipo relave producto de la actividad minera de los años 80, ubicado a la margen izquierda del río Cañaris, compuesto por sedimentos, con probables contaminantes en arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc aire, suelo y agua. Que tienen una ocurrencia permanente afectando áreas de vegetación y población en contacto con los residuos y el drenaje ácido, arrastrado por la corriente de agua del río Cañaris.</p>					
ANTECEDENTES			SITUACIÓN ACTUAL		
<p>Producto de la explotación minera de la compañía minera Algamarca S.A. en los años de 1955 a 1978,</p>			<p>Se encuentra sin estudios ambientales para remediación en estado de abandono, pertenece como derecho minero a la Tahoe-Perú (anteriormente Sulliden Shahuindo)</p>		
Estimación de nivel de Riesgo					
Probabilidad	valor				
	5				
Consecuencia					
Salud = C + 2(P) + E + Pobl.		Calidad del Ambiente = C + 2(P) + E + CM		Seguridad de la Población	
Variable	valor	Variable	valor	Variable	valor
Cantidad (C)	3	Cantidad (C)	3	Accesibilidad	3
Peligrosidad (P)	4	Peligrosidad (P)	4	potencial de colapso	3
Extensión (E)	3	Extensión (E)	3	presencia de cercos	4
Población (Pobl.)	3	Calidad del medio (CM)	4	derrames	4
TOTAL	17	TOTAL	18	TOTAL	14
resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	5	resultante de la consecuencia	4
RIESGO	20	RIESGO	20	RIESGO	20
NIVEL DE RIESGO ALTO					
Formato de fichas de estimación del nivel de riesgo ambiental de relave R1					

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA					
Equipo Técnico	Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		Fecha	23/05/2019	
Código	R2		Hora	15:44	
Coordenadas			Río	Cañaris	
longitud	802224.71		Zona	17S	
Latitud	9157900.77		Datum	WGS84	
DESCRIPCIÓN/ SITUACIÓN			FOTO		
Residuo minero tipo relave producto de la actividad minera de los años 80, ubicado a la margen izquierda del río Cañaris, compuesto por sedimentos, con probables contaminantes en arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc aire, suelo y agua. Que tienen una ocurrencia permanente afectando áreas de vegetación y población en contacto con los residuos y el drenaje ácido, arrastrado por la corriente de agua del río Cañaris.					
ANTECEDENTES			SITUACIÓN ACTUAL		
Producto de la explotación minera de la compañía minera Algamarca S.A. en los años de 1955 a 1978,			Se encuentra sin estudios ambientales para remediación en estado de abandono, pertenece como derecho minero a la Tahoe-Perú (anteriormente Sulliden Shahuindo)		
Estimación de nivel de Riesgo					
Probabilidad	valor				
	5				
Consecuencia					
Salud = C + 2(P) + E + Pobl.		Calidad del Ambiente = C + 2(P) + E + CM		Seguridad de la Población	
Variable	valor	Variable	valor	Variable	valor
Cantidad (C)	3	Cantidad (C)	3	Accesibilidad	3
Peligrosidad (P)	4	Peligrosidad (P)	4	potencial de colapso	3
Extensión (E)	2	Extensión (E)	2	presencia de cercos	4
Población (Pobl.)	2	Calidad del medio (CM)	3	Derrames	4
TOTAL	15	TOTAL	16	TOTAL	14
resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	4
RIESGO	20	RIESGO	20	RIESGO	20
NIVEL DE RIESGO ALTO					
Formato de fichas de estimación del nivel de riesgo ambiental de relave R2					

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA					
Equipo Técnico	Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		Fecha	23/05/2019	
Código	R3		Hora	14:20:00	
Coordenadas			Río	Cañaris	
longitud	802178.46		Zona	17S	
Latitud	9157884.24		Datum	WGS84	
CARACTERÍSTICAS			FOTO		
Residuo minero tipo relave producto de la actividad minera de los años 80, ubicado a la margen derecha del río Cañaris, compuesto por sedimentos, con probables contaminantes en arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc aire, suelo y agua. Que tienen una ocurrencia permanente afectando áreas de vegetación y población en contacto con los residuos y el drenaje ácido, arrastrado por la corriente de agua del río Cañaris.					
ANTECEDENTES			SITUACIÓN ACTUAL		
Producto de la explotación minera de la compañía minera Algamarca S.A. en los años de 1955 a 1978,			Se encuentra sin estudios ambientales para remediación en estado de abandono, pertenece como derecho minero a la Tahoe-Perú (anteriormente Sulliden Shahuindo)		
Estimación de nivel de Riesgo					
Probabilidad	valor				
	5				
Consecuencia					
Salud = C + 2(P) + E + Pobl.		Calidad del Ambiente = C + 2(P) + E + CM		Seguridad de la Población	
Variable	valor	Variable	valor	Variable	valor
Cantidad (C)	2	Cantidad (C)	2	Accesibilidad	3
Peligrosidad (P)	4	Peligrosidad (P)	4	potencial de colapso	3
Extensión (E)	2	Extensión (E)	2	presencia de cercos	4
Población (Pobl.)	2	Calidad del medio (CM)	4	derrames	4
TOTAL	14	TOTAL	16	TOTAL	14
resultante de la consecuencia	3	Resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	4
RIESGO	15	RIESGO	20	RIESGO	20
NIVEL DE RIESGO ALTO					
Formato de fichas de estimación del nivel de riesgo ambiental de relaves R3					

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA					
Equipo Técnico	Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		Fecha	23/05/2019	
Código	R4		Hora	13:30	
Coordenadas			Río	Cañaris	
longitud	801899.16		Zona	17S	
Latitud	9158251.32		Datum	WGS84	
CARACTERÍSTICAS			FOTO		
Residuo minero tipo relave producto de la actividad minera de años pasados, ubicado a la margen izquierda del río Cañaris, compuesto por sedimentos, con probables contaminantes en arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc aire, suelo y agua. Que tienen una ocurrencia permanente afectando áreas de vegetación y población en contacto con este residuo y el drenaje ácido que este genera al estar en contacto permanente con el agua del río Cañaris y la Quebrada, arrastrado por la corriente de agua del río Cañaris.					
ANTECEDENTES			SITUACIÓN ACTUAL		
Producto de la explotación minera de la compañía minera Algamarca S.A. en los años de 1955 a 1978,			Se encuentra sin estudios ambientales para remediación en estado de abandono, pertenece como derecho minero a la Tahoe-Perú (anteriormente Sulliden Shahuindo)		
Estimación de nivel de Riesgo					
Probabilidad	valor				
	5				
Consecuencia					
Salud = C + 2(P) + E + Pobl.		Calidad del Ambiente = C + 2(P) + E + CM		Seguridad de la Población	
Variable	valor	Variable	valor	Variable	valor
Cantidad (C)	4	Cantidad (C)	4	Accesibilidad	3
Peligrosidad (P)	4	Peligrosidad (P)	4	potencial de colapso	3
Extensión (E)	2	Extensión (E)	2	presencia de cercos	4
Población (Pobl.)	3	Calidad del medio (CM)	4	derrames	4
TOTAL	17	TOTAL	18	TOTAL	14
resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	5	resultante de la consecuencia	4
RIESGO	20	RIESGO	25	RIESGO	20
NIVEL DE RIESGO ALTO					
Formato de fichas de estimación del nivel de riesgo ambiental de relave R4					

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA					
Equipo Técnico	Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		Fecha	23/05/2019	
Código	R5		Hora	12:00	
Coordenadas			Río	Cañaris	
Longitud	801728.82		Zona	17S	
Latitud	9159186		Datum	WGS84	
DESCRIPCIÓN/ SITUACIÓN			FOTO		
Residuo minero tipo relave producto de la actividad minera de los años 80, ubicado a la margen izquierda del río Cañaris, expuesto sin ningún cerco o delimitación, compuesto por sedimentos, con probables contaminantes en arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc aire, suelo y agua. Que tienen una ocurrencia permanente afectando áreas de vegetación y población en contacto con los residuos y por el drenaje ácido que este relave genera, arrastrado por la corriente de agua del río Cañaris.					
ANTECEDENTES			SITUACIÓN ACTUAL		
Producto de la explotación minera de la comañía minera Algamarca S.A. en los años de 1955 a 1978,			Se encuentra sin estudios ambientales para remediación en estado de abandono, pertenece como derecho minero a la Tahoe-Perú (anteriormente Sulliden Shahuindo)		
Estimación de nivel de Riesgo					
Probabilidad		valor			
		5			
Consecuencia					
Salud = C + 2(P) + E + Pobl.		Calidad del Ambiente = C + 2(P) + E + CM		Seguridad de la Población	
Variable	valor	Variable	valor	Variable	valor
Cantidad (C)	3	Cantidad (C)	3	Accesibilidad	3
Peligrosidad (P)	4	Peligrosidad (P)	4	potencial de colapso	3
Extensión (E)	3	Extensión (E)	3	presencia de cercos	4
Poblaión (Pobl.)	3	Calidad del medio (CM)	3	derrames	4
TOTAL	17	TOTAL	17	TOTAL	14
resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	4	resultante de la consecuencia	4
RIESGO	20	RIESGO	20	RIESGO	20
NIVEL DE RIESGO ALTO					
Formato de fichas de estimación del nivel de riesgo ambiental de relave R5					

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2020	Código	P-01	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	801637			
distrito	Cachachi		Latitud	9159424			
Provincia	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Departamento	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlantico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)	14			Aluminio	1.41		5
pH	6.42		6.5 - 8.5	Cobre	8.13		0.2
Arsénico	0.44		0.1	Cadmio	0.022		0.01
Plomo	0.004		0.05	Zinc	0.89		2
Hierro	Dic-14		5	Niquel	0.006		0.2
Uso: No puede ser utilizado para riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO				OBSERVACIÓN			
				<p>Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris cerca al residuo minero R5, se puede observar diferencias de color entre las rocas en contacto con este drenaje y las que no.</p>			
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	09:25	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2020	Código	P-02	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	801741			
distrito	Cachachi		Latitud	9158639			
Provincia	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Departament	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlántico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)		13		Aluminio		0.968	5
pH		6.47	6.5 - 8.5	Cobre		5.75	0.2
Arsénico		0.248	0.1	Cadmio		0.017	0.01
Plomo		<0.003	0.05	Zinc		0.62	2
Hiero		7.874	5	Niquel		0.006	0.2
Uso: No puede ser utilizado para riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO				OBSERVACIÓN			
				<p>Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris cerca al residuo minero R4, punto de intersección con una quebrada que viene de la parte alta. Muestra un pH ligeramente ácido</p>			
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	10:30	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2020	Código	P-03	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	801883			
distrito	Cachachi		Latitud	9158384			
Prov.	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Dpto.	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlántico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)		10		Aluminio		0.171	5
pH		8.25	6.5 - 8.5	Cobre		<0.014	0.2
Arsénico		<0.003	0.1	Cadmio		<0.002	0.01
Plomo		<0.003	0.05	Zinc		<0.016	2
Hiero		0.161	5	Niquel		<0.002	0.2
Uso: Riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO				OBSERVACIÓN			
				<p>Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris cerca al residuo minero R3</p>			
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	12:16	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2020	Código	P-04	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	802101			
distrito	Cachachi		Latitud	9157921			
Provincia	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Departamento	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlántico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)		11		Aluminio		1.306	5
pH		5.43	6.5 - 8.5	Cobre		7.893	0.2
Arsénico		0.354	0.1	Cadmio		0.025	0.01
Plomo		0.006	0.05	Zinc		0.848	2
Hiero		10.82	5	Niquel		0.008	0.2
Uso: No puede ser utilizado para riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO				OBSERVACIÓN			
				<p>Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris entre los residuos mineros R3 y R2. muestra un pH ácido por loq ue se observa en la coloración que muestran las rocas en contacto con el drenaje. Muestra un pH ácido.</p>			
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	13:50	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2019	Código	P-05	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	802493			
distrito	Cachachi		Latitud	9157788			
Provincia	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Departament	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlántico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)		13		Aluminio		1.215	5
pH		5.32	6.5 - 8.5	Cobre		8.009	0.2
Arsénico		0.366	0.1	Cadmio		0.024	0.01
Plomo		<0.003	0.05	Zinc		0.837	2
Hiero		10.14	5	Niquel		0.008	0.2
Uso: No puede ser utilizado para riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO							
							
OBSERVACIÓN							
Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris entre los residuos mineros R2 y R1 (relave y desmonte de mina). muestra un pH ácido por lo que se observa en la coloración que muestran las rocas en contacto con el drenaje. Muestra un pH ácido.							
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	15:23	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO AMBIENTAL DE DRENAJE ÁCIDO GENERADO POR RELAVES MINEROS ABANDONADOS EN EL RÍO CAÑARIS- ALGAMARCA- CAJABAMBA							
Muestreador	Katherine M. Saucedo Julcamoro		Fecha	24/05/2020	Código	P-06	
UBICACIÓN							
Ubicación Política				Coordenadas (UTM)			
Lugar	Cc. Pp Algamarca		longitud	802674			
distrito	Cachachi		Latitud	9157710			
Provincia	Cajabamba		Datum	WGS 84			
Departament	Cajamarca						
REGISTRO DE CAMPO							
Tipo de fuente	Río	Vertiente	Atlántico	Cuenca Hidrográfica	Amazonas	Subcuenca	Crisnejas
Parámetros		Resultado	ECA	Parámetros		Resultado	ECA
T° Agua (C°)		12		Aluminio		0.084	5
pH		7.77	6.5 - 8.5	Cobre		0.025	0.2
Arsénico		0.004	0.1	Cadmio		<0.002	0.01
Plomo		<0.003	0.05	Zinc		0.053	2
Hiero		0.17	5	Niquel		0.003	0.2
Uso: No puede ser utilizado para riego de plantas y bebida de aniamales							
FOTO				OBSERVACIÓN			
				<p>Este punto de muestreo fue tomado del drenaje del río Cañaris entre los residuos mineros R1(relave y desmonte de mina) y antes de la unión con e drenaje provenientes de una quebrada que viene de la parte alta, donde realiza explotación mediante socavones donde hay pasivos ambientales mineros. Muestra un pH ácido.</p>			
Ficha de muestreo y análisis de agua					Hora	16:25	

Fuente: Modificado de Ortiz, G. 2017

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

IE 0519327

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **KATHERINE SAUCEDO JULCAMORO**
Dirección **Jr. Colonial 590 - Cajamarca**
Persona de contacto - Correo electrónico

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **23.05.19** Hora de Muestreo **13:00 a 16:00**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **06 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
Ensayos solicitados **Químicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**
Procedencia de la Muestra: **ALGAMARCA - CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 490** Cadena de Custodia **CC - 327 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **24.05.19 12:00** Inicio de Ensayo **30.05.19 15:00**
Reporte **Final de** Resultados **04.06.19 11:00**

(*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
(*) Potencial de Higrógeno (pH)	pH	6.42	6.47	8.25	5.43	5.32	7.77

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 04 de Junio de 2019.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

IE 0519327

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Código Laboratorio			0519327-01	0519327-02	0519327-03	0519327-04	0519327-05	0519327-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Algamarca - Cajamabamba	Algamarca - Cajamabamba	Algamarca - Cajamabamba	Algamarca - Cajamabamba	Algamarca - Cajamabamba	Algamarca - Cajamabamba
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	1.410	0.968	0.171	1.306	1.215	0.084
Arsénico (As)	mg/L	0.003	0.444	0.248	<LCM	0.354	0.366	0.004
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.009	0.009	0.019	0.006	0.005	0.006
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	22.58	21.50	40.05	14.56	14.02	13.04
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.022	0.017	<LCM	0.025	0.024	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.012	0.008	<LCM	0.011	0.011	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	8.130	5.750	<LCM	7.893	8.009	0.025
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	12.14	7.874	0.161	10.820	10.140	0.170
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.640	0.543	0.804	0.455	0.453	0.420
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	3.499	3.294	5.748	2.372	2.302	2.036
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.092	0.067	0.015	0.083	0.063	0.021
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.004	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.018	2.293	2.124	3.741	1.528	1.513	1.284
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	0.009	0.006	<LCM	0.008	0.008	0.003
Fósforo (P)	mg/L	0.020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	0.004	<LCM	<LCM	0.006	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.085	28.36	21.79	9.47	25.22	23.89	3.620
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	0.017	0.008	<LCM	0.015	0.011	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.085	3.091	2.961	3.354	2.926	2.873	2.612
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.091	0.087	0.185	0.052	0.050	0.039
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	0.005	0.004	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	0.890	0.620	<LCM	0.848	0.837	0.053

Cajamarca, 04 de Junio de 2019.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

IE 0519327

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (°) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ **Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.**

"Fin del documento"



SUMILLA: APROBAR el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal - IGAFOM Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO" con código 010000411L presentado por la señora Ysabel Rodríguez Chacón.

VISTOS:

Solicitudes de evaluación del aspecto correctivo y preventivo del IGAFOM, de fecha 25 de julio de 2018, con registro MAD N° 4004465 y N° 4004500; Informe Técnico N° 083-2018-ACC de fecha 22 de agosto de 2018, con registro MAD N° 4062674 (verificación del aspecto correctivo); Informe Técnico N° 088-2018-ACC, de fecha 28 de agosto de 2018, con registro MAD N° 4070765 (evaluación del aspecto preventivo); Informe Técnico N° 21-2018-G.R.CAJ/DREM-ACC, de fecha 23 de noviembre de 2018, con registro MAD N° 4247034 (verificación del aspecto correctivo); Informe Técnico N° 267-2018-ANA-AAA VI MARAÑÓN-AT/ECHG, de fecha 27 de diciembre del 2018, con CUT N° 228407-2018; Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS, de fecha 22 de junio de 2020; Informe Legal N° D000058-2020-GRC-DREM-JZR, de fecha 08 de julio de 2020; y,

CONSIDERANDO:

I. ANTECEDENTES:

- 1.1. Mediante revisión en el INGEMMET sobre el resumen del Derecho Minero con código 010000411L, a nombre de ACUMULACIÓN SHAHUINDO, se otorga el Título de Concesión Minera Metálica, ubicada en la Carta Nacional (16-G), de la zona UTM 17.
- 1.2. Mediante expedientes con registros MAD N° 4004465 y N° 4004500 de fecha 25 de julio de 2018, la señora Ysabel Rodríguez Chacón, presentó el aspecto correctivo y preventivo del IGAFOM para su verificación.
- 1.3. Con fecha 22 de agosto de 2018, se emite el Informe Técnico N° 083-2018-ACC, con registro MAD N° 4062674, en el cual se concluye que el aspecto correctivo del IGAFOM no ha sido implementado conforme al ANEXO I- A IGAFOM/METALICA del D.S N° 038- 2017-EM.
- 1.4. Con fecha 28 de agosto de 2018 se emite el Informe Técnico N° 088-2018-ACC con registro MAD N° 4070765 en el cual se concluye que el aspecto preventivo del IGAFOM no ha sido implementado conforme al ANEXO I-C IGAFOM PREVENTIVO/ METALICO del D.S N° 038-2017- EM.
- 1.5. Mediante oficio N° 1036-2018-GRCAJ/DREM con registro MAD N° 4070792 de fecha 28 de agosto de 2018, se notifica al titular del proyecto minero, el Informe Técnico N° 088-2018-ACC, para que cumpla con presentar el levantamiento de observaciones.
- 1.6. Con fecha 12 de setiembre de 2018, mediante solicitud con registro MAD N° 4098538 el titular presenta el levantamiento de observaciones formuladas en el aspecto preventivo del IGAFOM según Informe Técnico N° 088-2018-ACC.
- 1.7. Con fecha 16 de noviembre de 2018, mediante solicitud con registro MAD N° 4234957 el Titular presenta el levantamiento de observaciones formuladas al aspecto correctivo del IGAFOM según Informe Técnico N° 083-2018-ACC.
- 1.8. Mediante Oficio N° 672-2018-ANA-AAA.M con registro MAD N° 4160944, la Autoridad Administrativa del Agua Marañón-ANA nos remite el Informe Técnico N° 198-2018-ANA-AAA-VI MARAÑÓN-AT/ECHG, con CUT N° 171411-2018 de fecha 26 de setiembre de 2018, en el cual formula observaciones al aspecto preventivo del IGAFOM del Proyecto Minero "MINA NIVEL 050".
- 1.9. Mediante Oficio N° 1294-2018-GR-CAJ/DREM, con registro MAD N° 4174297 de fecha 17 de octubre del 2018, se remite el Informe Técnico N° 198-2018-ANA-AAA-V MARAÑÓN-AT/SGH a la señora Ysabel Rodríguez Chacón.

- 1.10. Con fecha 22 de noviembre del 2018 mediante solicitud con registro MAD N° 4246061 la administrada presenta el levantamiento de observación formuladas por la Autoridad Administrativa del Agua VI MARAÑÓN para la evaluación correspondiente.
- 1.11. Con fecha 23 de noviembre de 2018, se emite el Informe Técnico N° 21-2018-G.R.CAJ/DREM-ACC con registro MAD N° 4247034 en el cual se concluye que el aspecto correctivo del IGAFOM ha sido IMPLEMENTADO conforme al ANEXO I- A IGAFOM/METALICA del D.S N° 038-2017-EM.
- 1.12. Mediante Oficio N° 853-2018-ANA-AAA.M con registro MAD N° 4357042 de fecha 28 de diciembre de 2018, la Autoridad Administrativa del Agua remite el Informe Técnico N° 267-2018-ANA-AAA VI MARAÑÓN-AT/ECHG, con CUT N°228407-2018 de fecha 27 de diciembre del 2018, en el cual emite la opinión favorable al IGAFOM del Proyecto Minero Metálico denominado "MINA NIVEL 050".
- 1.13. Con fecha 22 de junio de 2020 se emite el Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS, en el cual se concluye que el aspecto preventivo del IGAFOM del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050" a desarrollarse en la Concesión Minera ACUMULACION SHAHUINDO, presentado por la señora Ysabel Rodríguez Chacón, ha sido implementado conforme al Anexo I-C: IGAFOM PREVENTIVO/METÁLICA del D.S N° 038-2017-EM.
- 1.14. En la fecha 08 de julio de 2020, se emite el Informe Legal N° D000058-2020-GRC-DREM-JZR, en el cual se concluye que el IGAFOM tanto en su aspecto correctivo como preventivo, del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO", ubicado en Centro Poblado San Miguel de Algamarca, Distrito de Chacachi, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca, presentado por la señora Ysabel Rodríguez Chacón cumple con lo dispuesto en el D.S. N° 038-2017-EM, así como con el D.S. 018-2017-EM y demás normatividad vigente, por lo que corresponde aprobar el referido IGAFOM.

II. COMPETENCIA:

- 2.1. El Gobierno Regional de Cajamarca a través de la DREM es competente para evaluar y aprobar Instrumentos de Gestión Ambiental, de conformidad con el artículo 59° de la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, el cual establece las funciones en materia de energía, minas e hidrocarburos, en concordancia a lo establecido en el artículo 1° de la Resolución Ministerial N° 061-2017-MEM/DM – Proceso de Transferencia de Funciones.
- 2.2. Por otro lado, el artículo 4° del D.S. N° 038-2017-EM, señala: "La autoridad competente para evaluar y aprobar el IGAFOM es la Dirección Regional de Energía y Minas competente o la que haga sus veces".

III. DATOS GENERALES:

Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO"	
Nombre o Razón Social de la Titular del Proyecto:	Ysabel Rodríguez Chacón
Registro Único de Contribuyente (RUC)	10179927964.
Nombre y código de la Concesión Minera:	"ACUMULACIÓN SHAHUINDO" de código 010000411L.

Ubicación geográfica en sistema de coordenadas UTM DATUM WGS - 84 de la actividad minera	Área de la actividad minera				Producción (TM/Día)	
	UTM WGS 84 Zona...*					
	Nombre del minero informal	Vértice	Norte	Este	Área (ha)**	
	YSABEL RODRÍGUEZ CHACÓN	1	9158078	804134	3.21 ha	1 TM/día
		2	9158090	804131		
		3	9158108	804135		
		4	9158140	804148		
		5	9158157	804188		
		6	9158180	804212		
		7	9158219	804244		
		8	9158249	804276		
		9	9158394	804444		
		10	9158361	804463		
		11	9158240	804314		
		12	9158228	804328		
		13	9158292	804420		
		14	9158272	804442		
		15	9158232	804386		
		16	9158281	804536		
		17	9158254	804549		
		18	9158190	804353		
		19	9158096	804375		
		20	9158090	804345		
		21	9158192	804321		
		22	9158141	804229		
		23	9158110	804202		
		24	9158080	804202		
25		9158073	804186			
26		9158069	804156			
Sujeto en Proceso de Formalización		Ysabel Rodríguez Chacón				
Ubicación del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO".		Centro Poblado San Miguel de Algamarca, Distrito de Chacachi, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca.				

IV. CONSIDERACIONES:

- 4.1. Es preciso remitirnos a lo que establece la Constitución Política del Perú de 1993 en su artículo 2° numeral 22, con relación al medio ambiente, pues debemos tener en claro que constituye derecho fundamental de la persona "Gozar de un ambiente sano, equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida"; en consecuencia, el Tribunal Constitucional se ha pronunciado en reiteradas sentencias¹ en las que a partir de una interpretación del artículo indicado ha establecido que el derecho fundamental en referencia se configura por los siguientes elementos: a) El derecho a gozar de un ambiente equilibrado y b) El derecho a que dicho ambiente se preserve; en ese mismo orden de ideas el artículo 67° establece además que es deber del Estado promover el uso sostenible de los recursos naturales.
- 4.2. Al respecto, la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en sus artículos 1°, 3° y 9°² establece que se debe asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida; en concordancia con el artículo V del Título Preliminar de dicha Ley, el cual prescribe: "*Principio de Sostenibilidad.- La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.*", en atención a ello el Tribunal Constitucional ha precisado además que: "*No se*

¹ Expediente N° 018-2002-AI/TC; Expediente N° 048-2004-AI/TC.

² Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 1° Del objetivo

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 3° Del rol del Estado en materia ambiental

El Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la presente Ley.

Artículo 9.- Del objetivo

La Política Nacional del Ambiente tiene por objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

trata de preservar exclusivamente el legado ambiental, sino también aspectos relativos al ámbito cultural. Es decir, que nuestra deuda con las generaciones futuras no se agota en aspectos ambientales, que si bien forman parte esencial del concepto desarrollo sostenible, no se agota en él" (STC N° 3343-2007- AA/TC, fundamento 15).

- 4.3. Asimismo, el artículo IX del Título Preliminar de la Ley N° 28611, señala lo siguiente: *"Principio de Responsabilidad Ambiental.- El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o cuando lo anterior no fuera posible, a compensar en términos ambientales los daños generados, sin perjuicio de otras responsabilidades administrativas, civiles o penales a que diera lugar"*, al respecto, resulta importante indicar que en la explotación de los recursos naturales concurren tanto obligaciones de parte de los poderes públicos como responsabilidades de los privados que orientan su actividad económica en este campo, en tal sentido lo que no puede quedar al margen en la construcción del concepto de "sostenibilidad" es la de la responsabilidad social empresarial; es decir si para los poderes públicos tal concepto supone un conjunto de obligaciones prestacionales o de control, *en el ámbito privado no sólo se trata del cumplimiento de normas específicas en el desarrollo de sus actividades, sino también de cierto compromiso moral y desde luego del sometimiento al imperio de la propia Constitución*³.
- 4.4. El Decreto Supremo N° 018-2017-EM, señala los pasos para la formalización⁴ siendo uno de ellos la *Aprobación del IGAFOM*, constituyéndose como requisito obligatorio para la *Autorización de inicio/reinicio de actividades mineras de explotación y/o beneficio de minerales y/o Título de Concesión de Beneficio*; por otro lado, es importante indicar que el D.L. 1336 en su artículo 3° señala lo siguiente: *"Requisitos para la culminación de la Formalización Minera Integral.- La formalización Minera Integral, puede ser iniciada o continuada, según sea el caso, por el sujeto inscrito en el Registro Integral de Formalización Minera que realiza su actividad cumpliendo con lo siguiente: 1. Aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental y Fiscalización para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal – IGAFOM o del Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo cuando corresponda (...)"*.
- 4.5. Al respecto, el artículo 3° numeral 3.4., del D.S. N° 038-2017-EM, define al IGAFOM como: *"El Instrumento de Gestión Ambiental de acción inmediata y de carácter extraordinario conforme al artículo 6° del Decreto Legislativo N° 1336, cuya aprobación constituye un requisito para la culminación del Proceso de Formalización Minera Integral"*.
- 4.6. En consecuencia, se entiende que el IGAFOM tiene como objetivo adecuar las actividades de la Pequeña Minería y de la Minería Artesanal a las normas ambientales vigentes según corresponda; asimismo, mediante dicho Instrumento de Gestión Ambiental, el Minero Informal adopta las medidas ambientales para identificar, controlar, mitigar y/o prevenir los impactos ambientales negativos de la actividad minera que desarrolla, así como para establecer las medidas de cierre, según corresponda, todo ello de acuerdo a lo señalado en el numeral 3.4.1. y 3.4.2. del artículo 3° del D.S. N° 038-2017-EM.
- 4.7. Pues bien, al considerar que el IGAFOM, contempla los aspectos correctivo y preventivo, es necesario indicar que respecto al primero comprende la corrección, mitigación, cierre y/u otras medidas que permitan minimizar

³ En cierta forma lo indicado tiene mucho que ver con la responsabilidad social de las empresas, en este caso con el medio ambiente y el uso sostenible de los recursos. Al respecto "La economía social de mercado condiciona la participación de los grupos económicos en armonía con el bien común y el respeto del interés general, estableciendo límites para que la democracia constitucional no sea un espacio donde se impongan las posiciones de los más poderosos económicamente en detrimento de los bienes jurídicos protegidos constitucionalmente. En el Estado Social y Democrático de Derecho el crecimiento económico no puede ni debe reñirse con el derecho a la plenitud de la vida humana; no puede superponerse al resguardo de la dignidad de la persona que constituye la prioridad no sólo del Estado, sino de la sociedad en su conjunto" (STC N° 048-2004-AI/TC, fundamento 15).

⁴ **Decreto Supremo N° 018-2017-EM**

Artículo 29°.- Para iniciar o reiniciar actividades mineras de explotación y/o beneficio de minerales y/o título de concesión de beneficio, se requiere la autorización administrativa emitida por la Dirección Regional de Energía y Minas correspondiente, o la que haga sus veces.

La autorización antes referida consiste en la verificación del cumplimiento de los requisitos previstos en el Decreto Legislativo N° 1336 y su normativa complementaria, siendo estos los siguientes:

- Acreditación de Propiedad o autorización de uso del terreno superficial, de acuerdo al Título III del presente Decreto Supremo.
- Acreditación de Titularidad, contrato de cesión o contrato de explotación respecto de la concesión minera, de acuerdo al Título IV del presente Decreto Supremo.
- Presentación de Declaración jurada de Inexistencia de restos arqueológicos, de acuerdo al párrafo 3.2 del artículo 3 del Decreto Legislativo N° 1336.
- Aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal – IGAFOM o del Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo - IGAC, de acuerdo a la normativa complementaria especial que sobre la materia se expide, mediante Decreto Supremo.
- Presentación del Expediente Técnico.

los impactos ambientales negativos generados en el área donde el minero informal declare que ha desarrollado y viene desarrollando actividad minera; y con relación al segundo, comprende la identificación, prevención, control, supervisión, medidas de cierre y/u otras medidas que permitan minimizar los impactos ambientales negativos a generarse en el área donde el Minero Informal declare que va a desarrollar actividad minera.

- 4.8. En efecto, la evaluación del IGAFOM se ha realizado de acuerdo a lo establecido en el Capítulo II del D.S. N° 038-2017-EM, el mismo que refiere sobre el procedimiento de evaluación del IGAFOM; en consecuencia, se verifica a través del sistema de Ventanilla Única que el aspecto correctivo ha sido ingresado en la fecha 02 de agosto de 2018, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 9.2., artículo 9° del D.S. N° 038-2017-EM, que dispone: *"La Unidad de Recepción Documental de la autoridad competente deja constancia de la presentación del formato del Aspecto Correctivo, con el sello oficial de recepción en la copia de dicho formato presentado. Luego, el referido formato es remitido a la Oficina de Ventanilla Única de la citada autoridad para su ingreso al Sistema de Ventanilla Única"*, generándose el expediente N° 12398081806; asimismo, el minero informal ha presentado el aspecto preventivo, el mismo que ha sido implementado conforme al ANEXO 1-C: IGAFOM PREVENTIVO/METÁLICA del D.S N° 038-2017-EM, tal como lo acredita el Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS.
- 4.9. Las coordenadas UTM-WGS 84-ZONA-17 aprobadas para el Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO" de acuerdo al Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS son las siguientes:

Nombre del minero informal	Área de la actividad minera				Producción (TM/Día)
	UTM WGS 84 Zona...*				
	Vértice	Norte	Este	Área (ha)**	
YSABEL RODRÍGUEZ CHACÓN	1	9158078	804134	3.21 ha	1 TM/día
	2	9158090	804131		
	3	9158108	804135		
	4	9158140	804148		
	5	9158157	804188		
	6	9158180	804212		
	7	9158219	804244		
	8	9158249	804276		
	9	9158384	804444		
	10	9158361	804463		
	11	9158240	804314		
	12	9158228	804328		
	13	9158292	804420		
	14	9158272	804442		
	15	9158232	804386		
	16	9158281	804536		
	17	9158254	804549		
	18	9158190	804353		
	19	9158096	804375		
	20	9158090	804345		
	21	9158192	804321		
	22	9158141	804229		
	23	9158110	804202		
	24	9158080	804202		
	25	9158073	804186		
	26	9158069	804156		

- 4.10. Del Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS y documentación presentada por la señora Ysabel Rodríguez Chacón, se verifica que todos los componentes principales y auxiliares del Proyecto se encuentran dentro del área de la actividad minera declarada por el Titular y en la Concesión Minera "ACUMULACIÓN SHAHUINDO" con código 01000041L; en consecuencia, se detalla las coordenadas en el sistema UTM WGS 84 ZONA 17S:

Cuadro N° 02. Componentes principales del área de actividad minera:

Ítem	Componente Principal	UTM WGS 84 Zona 17S	
		Norte	Este
01	Frente proyectado 01	9158174	804235
02	Frente proyectado 02	9158213	804265
03	Frente proyectado 03	9158237	804286
04	Frente proyectado 04	9158215	804335
05	Frente proyectado 05	9158195	804294
06	Frente proyectado 06	9158200	804336
07	Frente proyectado 07	9158185	804337
08	Pique Proyectado	9158234	804301

Cuadro N° 03. Componentes auxiliares del área de actividad minera:

Ítem	Componente Auxiliar	UTM WGS 84 Zona 17 S	
		Norte	Este
01	Desmontera proyectada	9158120	804162
02	Almacén	9158093	804160
03	Campamento	9158095	804152

- 4.11. En cumplimiento del artículo 12°, numeral 12.1 del D.S. N° 038-2017-EM, que establece: "La aprobación del IGAFOM debe contar con la opinión favorable del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP respecto de las actividades mineras desarrolladas en zonas de amortiguamiento de Áreas Naturales Protegidas, de la Autoridad Nacional del Agua - ANA, incluyendo la disponibilidad hídrica y autorización de vertimiento y/o reúso de aguas residuales tratadas y/o del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, respecto de las actividades mineras desarrolladas en concesiones mineras superpuestas a concesiones forestales", para la aprobación del presente IGAFOM del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO", se ha determinado mediante Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS, que el polígono del área de actividad minera que viene desarrollando la señora Ysabel Rodríguez Chacón, se encuentra fuera de alguna zona de amortiguación y área natural protegida, por lo que, no corresponde solicitar opinión técnica del SERNANP para la aprobación del IGAFOM.
- 4.12. Por otro lado, se debe considerar que la Autoridad Nacional del Agua, mediante Informe Técnico N° 267-2018-ANA-AAA VI MARAÑÓN-AT/ECHG, de fecha 27 de diciembre del 2018, con CUT N° 228407-2018, ha emitido opinión favorable con respecto al presente IGAFOM, indicando que si cumple con los requisitos técnicos normativos en relación a los Recursos Hídricos.
- 4.13. En atención a lo dispuesto por el artículo 7°, numeral 7.2 del D.S. 038-2017-EM, toda la información consignada por el Minero Informal en los formatos del IGAFOM tiene carácter de Declaración Jurada y debe ser señalada de acuerdo a las especificaciones indicadas en estos; por lo tanto, el sujeto en proceso de formalización es responsable por la información contenida en el expediente del IGAFOM presentado, responsabilidad que también involucra al Consultor o Empresa Consultora que lo elaboró.
- 4.14. Asimismo, es preciso señalar que el cumplimiento de las obligaciones y compromisos ambientales asumidos en el IGAFOM, así como de la normativa ambiental es materia de supervisión, fiscalización y sanción por parte de la Entidad de Fiscalización Ambiental (EFA) competente⁵ regulada por Ley, todo lo indicado de conformidad con el Principio de presunción de veracidad⁶ y Principio de privilegio de controles

⁵ Artículo 17°, numeral 17.1, del D.S. N° 038-2017-EM, referido a la Fiscalización del IGAFOM.

⁶ D.S. 004-2019-JUS, TUO de la Ley N° 27444, Ley Del Procedimiento Administrativo General.-

Artículo IV.- Principios del Procedimiento

1.7 Principio de presunción de veracidad.- En la tramitación del procedimiento administrativo, se presume que los documentos y declaraciones formulados por los administrados en la forma prescrita por esta Ley, responden a la verdad de los hechos que ellos afirman. Esta presunción admite prueba en contrario. (el subrayado es nuestro)

posteriores⁷, ambos reconocidos en el TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, regulado por el D.S. 004-2019-JUS.

- 4.15. Por otro lado, es necesario indicar que la Titular del Proyecto Minero deberá mantener una mejora continua en sus medidas de eliminar, controlar y remediar progresivamente, según los plazos definidos en el IGAFOM; además, es responsabilidad implementar las medidas que sean necesarias durante las etapas de operación y cierre, con la finalidad de garantizar que las actividades del proyecto no generen impactos que puedan afectar el ambiente y la salud de los pobladores de las áreas aledañas.
- 4.16. Finalmente se indica que la aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal - IGAFOM del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO", no constituye, el otorgamiento de permisos, autorizaciones y otros requisitos legales, con los que deberá continuar el Minero Informal para formalizar sus actividades de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente.
- 4.17. En efecto, según el artículo 7°, numeral 7.2., literal b) del D.S. N° 001-2020-EM, señala que una condición de permanencia en el REINFO, es contar con el IGAFOM, por lo que al aprobarse el presente estudio la Titular del Proyecto Minero estaría cumpliendo con dicha condición de permanecer en el REINFO.

Por lo antes expuesto y de conformidad con la Constitución Política del Perú, artículo 2° numeral 22; D.S. N° 004-2019-JUS, TUO de la Ley N° 27444; Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, artículo 59°; D.S. 038-2017-EM; Resolución Ministerial N° 209-2010-MEM/DM, artículo 2°; D.L. 1336, artículo 3°; D.S. N° 018-2017-EM, artículo 29°; Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, artículos 1°, 3° y 9°, artículo IX del Título Preliminar; D.S. 001-2020-EM y demás normas complementarias y reglamentarias;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal - IGAFOM del Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO" con código 010000411L presentado por la señora Ysabel Rodríguez Chacón.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Conforme a lo establecido en el artículo 2° de la Resolución Ministerial N° 209-2010-MEM/DM⁸, las Certificaciones Ambientales deberán contar con la georeferenciación respectiva a fin de identificar las áreas que efectivamente están bajo actividad y uso minero; en tal sentido, las coordenadas UTM-DATUM-WGS 84 – ZONA – 17S aprobadas para el Proyecto Minero Metálico "MINA NIVEL 050", a desarrollarse en la Concesión Minera Metálica "ACUMULACIÓN SHAHUINDO" de acuerdo al Informe Técnico N° D000010-2020-GRC-OAA-YTS, pág. 07, son las siguientes:

Nombre del minero informal	Área de la actividad minera				Producción (TM/Día)
	Vértice	Norte	Este	Área (ha)**	
YSABEL RODRÍGUEZ CHACÓN	1	9158078	804134	3.21 ha	1 TM/día
	2	9158090	804131		
	3	9158108	804135		
	4	9158140	804148		
	5	9158157	804188		
	6	9158180	804212		
	7	9158219	804244		
	8	9158249	804276		
	9	9158384	804444		
	10	9158361	804463		
	11	9158240	804314		
	12	9158228	804328		
	13	9158292	804420		
	14	9158272	804442		
	15	9158232	804386		
	16	9158281	804536		
	17	9158254	804549		
	18	9158190	804353		
	19	9158096	804375		
	20	9158090	804345		
	21	9158192	804321		
	22	9158141	804229		
	23	9158110	804202		
	24	9158080	804202		
	25	9158073	804186		
	26	9158069	804156		

⁷ 1.16. Principio de privilegio de controles posteriores.- La tramitación de los procedimientos administrativos se sustentará en la aplicación de la fiscalización posterior; reservándose la autoridad administrativa, el derecho de comprobar la veracidad de la información presentada, el cumplimiento de la normativa sustantiva y aplicar las sanciones pertinentes en caso que la información presentada no sea veraz. (el subrayado es nuestro)

⁸ Resolución Ministerial N° 209-2010-MEM/DM

Artículo 2°.- Las certificaciones ambientales que a partir de la fecha otorguen el Ministerio de Energía y Minas y los Gobiernos Regionales deberán incluir la georeferenciación de las áreas respectivas.



ARTÍCULO TERCERO.- La aprobación del presente Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal - IGAFOM no constituye el otorgamiento de autorizaciones, permisos y otros requisitos legales con los que deberá contar la Titular del Proyecto Minero de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente.

ARTÍCULO CUARTO.- La Titular del Proyecto, se encuentra obligada a cumplir con los compromisos asumidos en el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal - IGAFOM, el cual tiene carácter de Declaración Jurada, sometiéndose a las sanciones correspondientes en caso de incumplimiento o falsedad; asimismo, está obligada a mantener una mejora continua en sus medidas de control ambiental y mitigación e implementarlas durante sus operaciones; por lo que es su responsabilidad implementar las medidas que sean necesarias durante la etapa de operación y cierre, con la finalidad de garantizar que las actividades del proyecto no generen impactos que puedan afectar el ambiente y la salud de los pobladores de las áreas aledañas.

ARTÍCULO QUINTO.- La Titular del Proyecto está obligada a continuar con el cumplimiento de los requisitos señalados en el artículo 29° del D.S. 018-2017-EM, a fin de culminar con el Proceso de Formalización Minera Integral.

ARTÍCULO SEXTO.- La Titular del Proyecto deberá gestionar el manejo y disposición de residuos sólidos de acuerdo a lo dispuesto por la Ley N° 27314, "Ley General de Residuos Sólidos" y su reglamento Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

ARTÍCULO SÉTIMO.- NOTIFICAR a través de correo electrónico a: wilson_guzman1971@hotmail.com a la señora Ysabel Rodríguez Chacón la presente Resolución y actuados, para su conocimiento.

ARTÍCULO OCTAVO: PUBLICAR en el Portal Web de esta Institución (<http://www.dremcajamarca.gob.pe>) la presente Resolución, a fin de que se encuentre a disposición del público interesado.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.

Documento firmado digitalmente
CARLOS EDUARDO CENTURION RODRIGUEZ
DIRECTOR(A)
DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA Y MINAS

ANEXO II: PLANOS

Plano de ubicación.

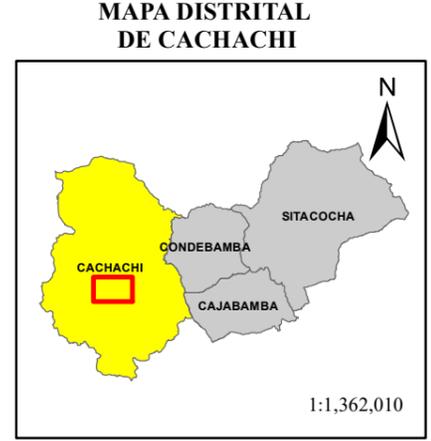
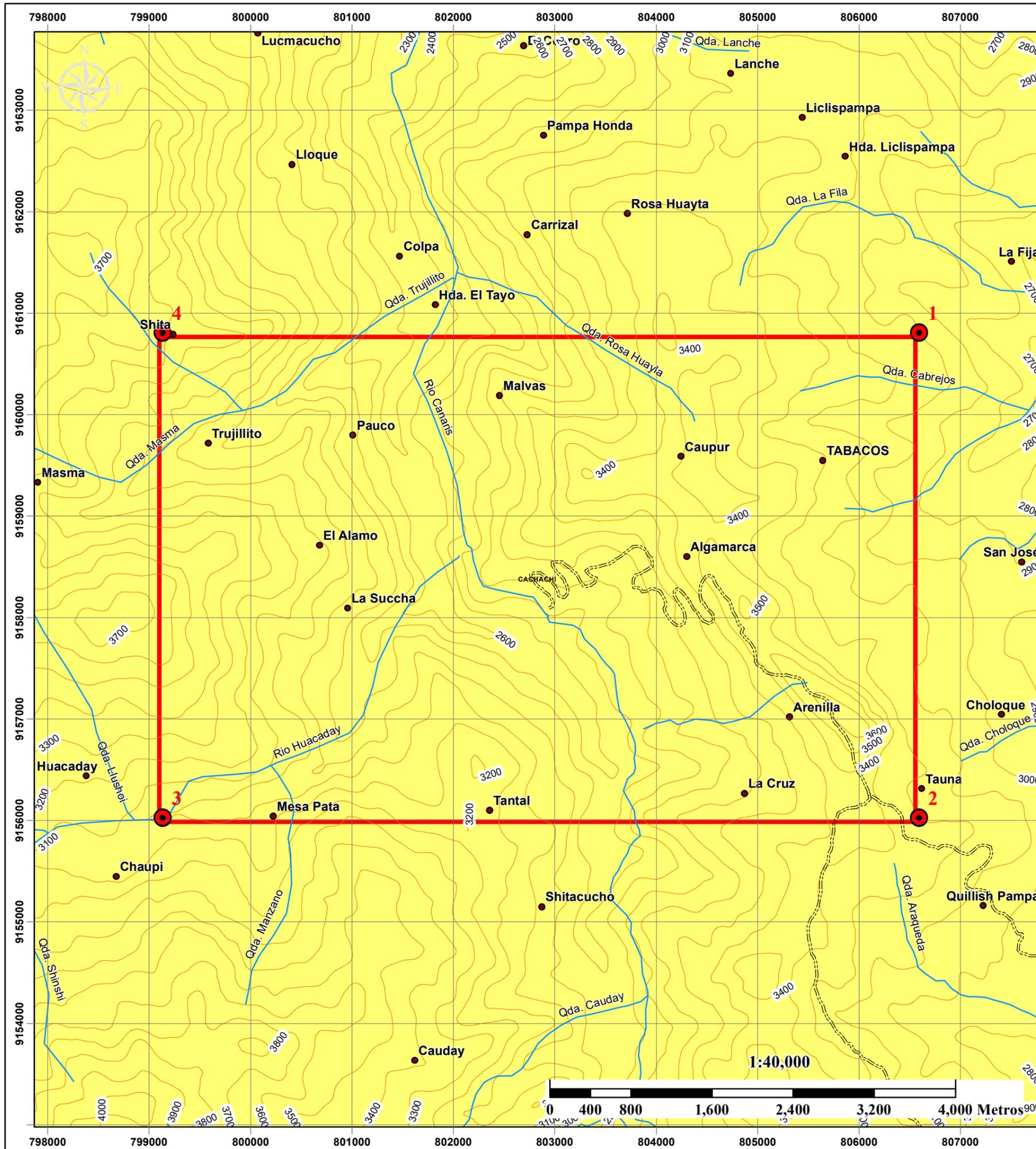
Plano satelital.

Plano topográfico

Plano geológico

Plano de ubicación de Punto de muestreo y residuos mineros

Plano de nivel de riesgo.

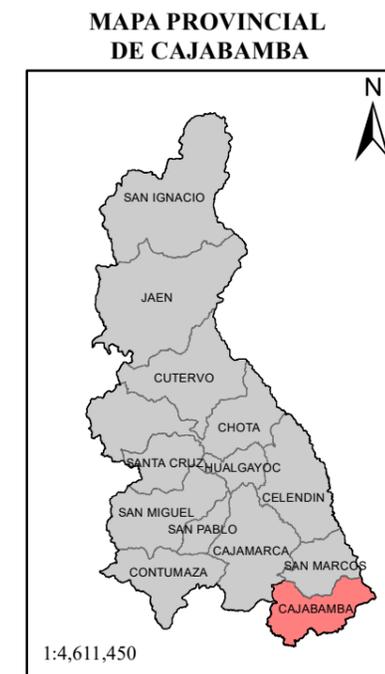
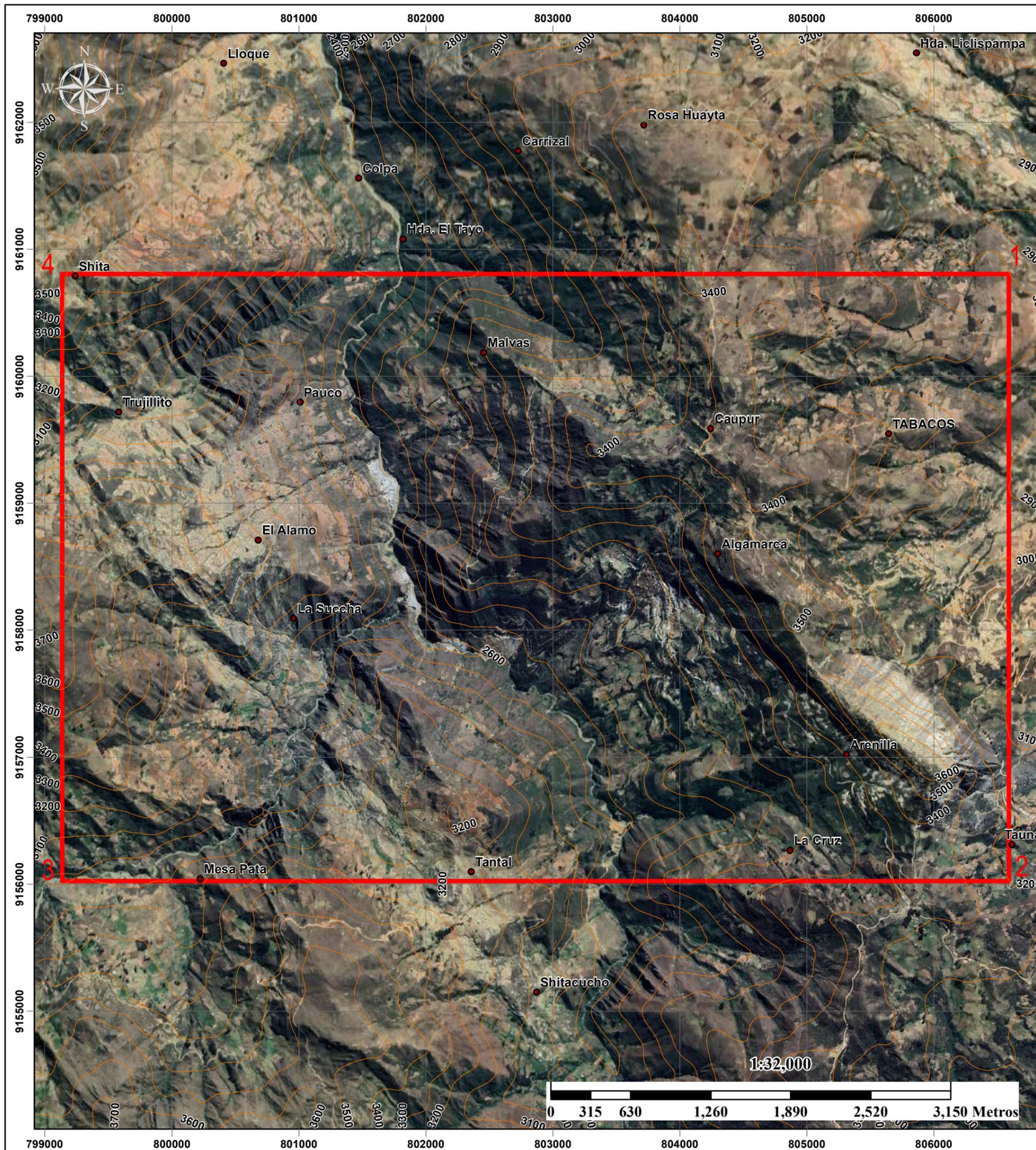


SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Drenaje
- - - - Trocha Carrozable
- Curvas de Nivel
- Zona de Investigación

Sistema de coordenadas: Poyectadas UTM
Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

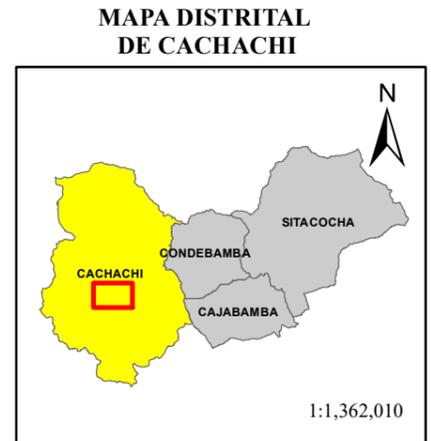
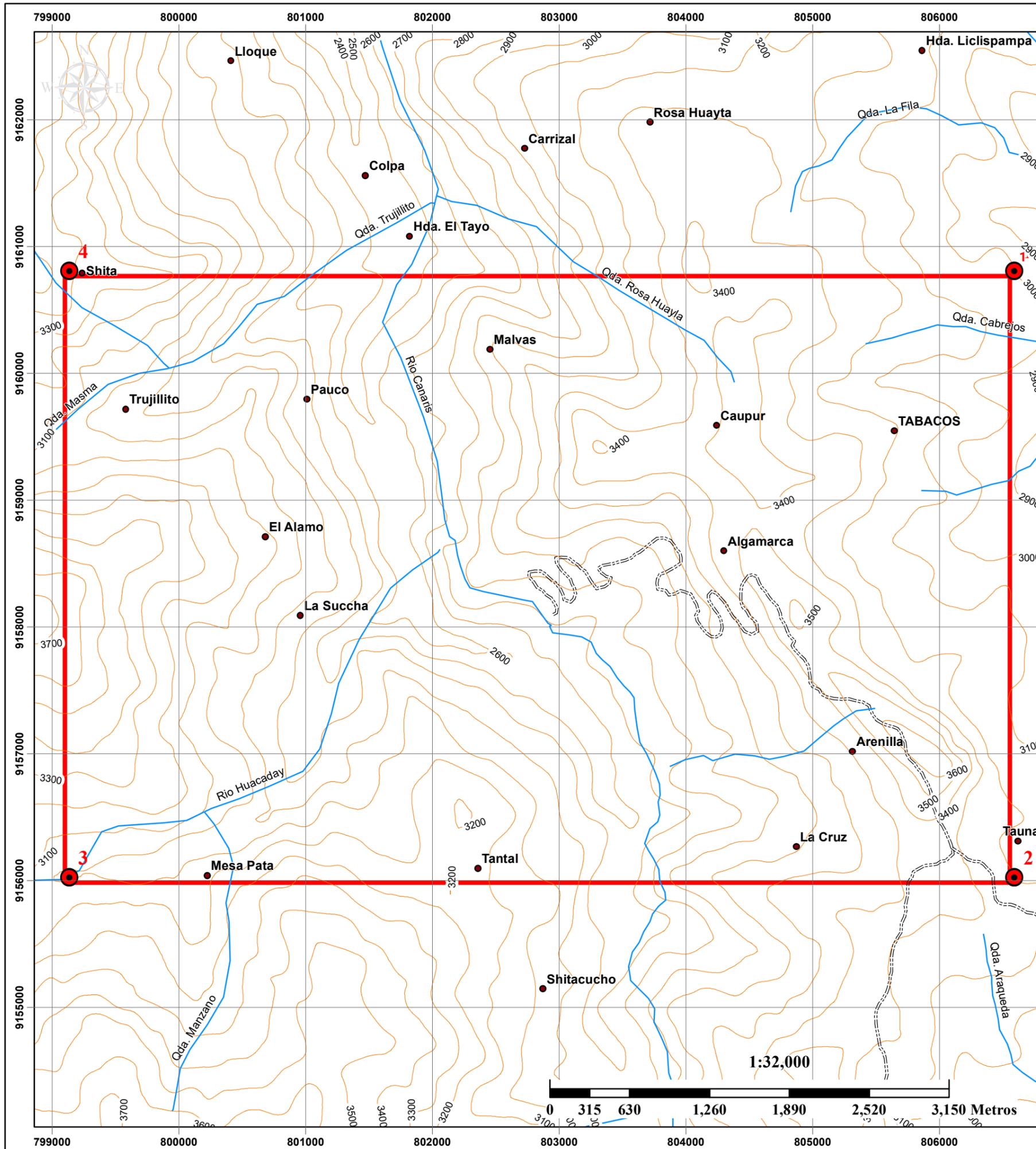
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA	
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca – Cajabamba.		
TÍTULO: Plano De Ubicación		PLANO
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón		01
TESISTA: Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas	



SIMBOLOGÍA	
●	Centro Poblado
—	Curvas de Nivel
□	Zona de Investigación

Sistema de coordenadas: Ptoyectadas UTM
Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA		
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca – Cajabamba.		
TÍTULO: Plano Satelital		MAPA 02
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón		
TESISTA: Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas	

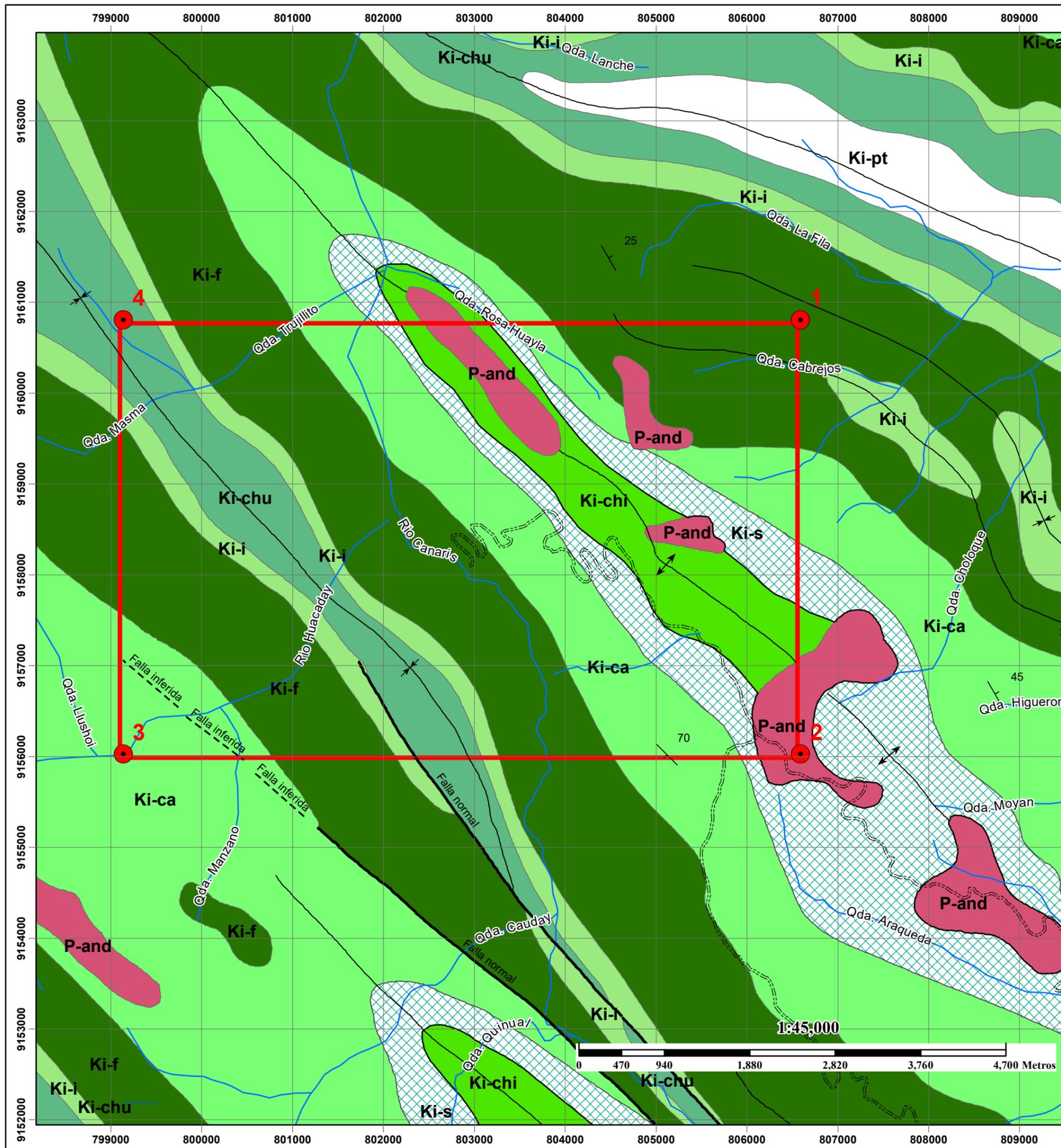


SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Drenaje
- - - Trocha Carrozable
- Curvas de Nivel
- Zona de Investigación

Sistema de coordenadas: Ptojectadas UTM
Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

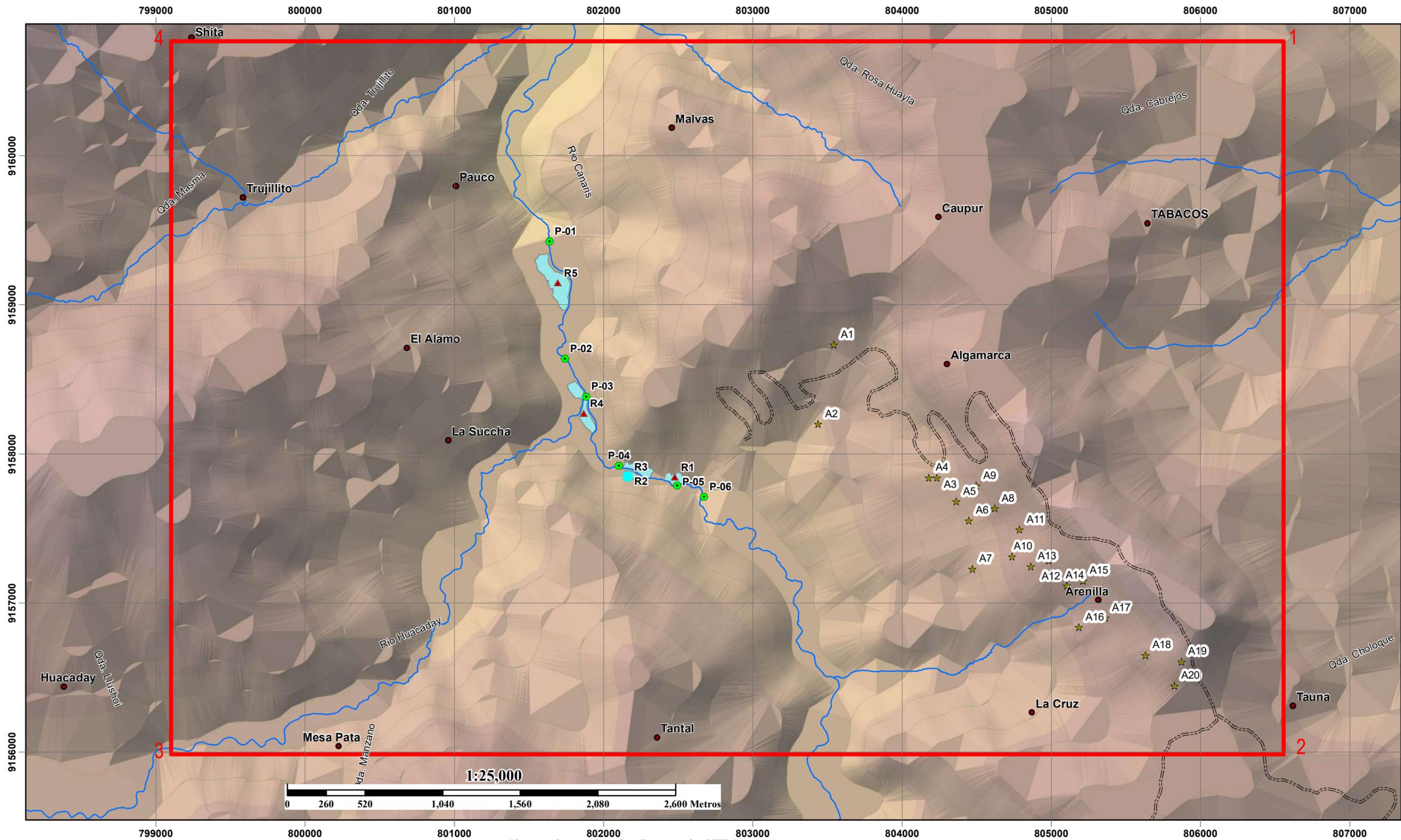
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA	
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañarís, zona de Algamarca – Cajabamba.	
TÍTULO: Plano Topográfico	
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón	
TESISTA: Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro	
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas
PLANO 03	



SIMBOLOGÍA	
---	Falla inferida
—	Falla normal
↑	Eje de anticlinal
↓	Eje de sinclinal
====	Trocha Carrozable
—	Drenaje
□	Zona de Investigación
↘	Buzamiento
Unidades Litoestratigráficas	
Ki-Ca	Formación Caarhuaz
Ki-Chi	Formación Chimú
Ki-Chu	Formación Chúlec
Ki-f	Formación Farrat
Ki-i	Formación Inca
Ki-s	Formación Santa
P-and	Ansesita

Sistema de coordenadas: Ptoycetadas
 UTM Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

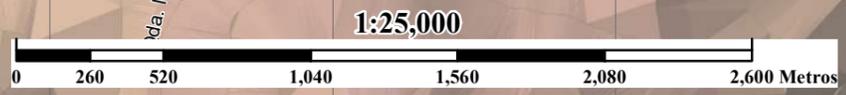
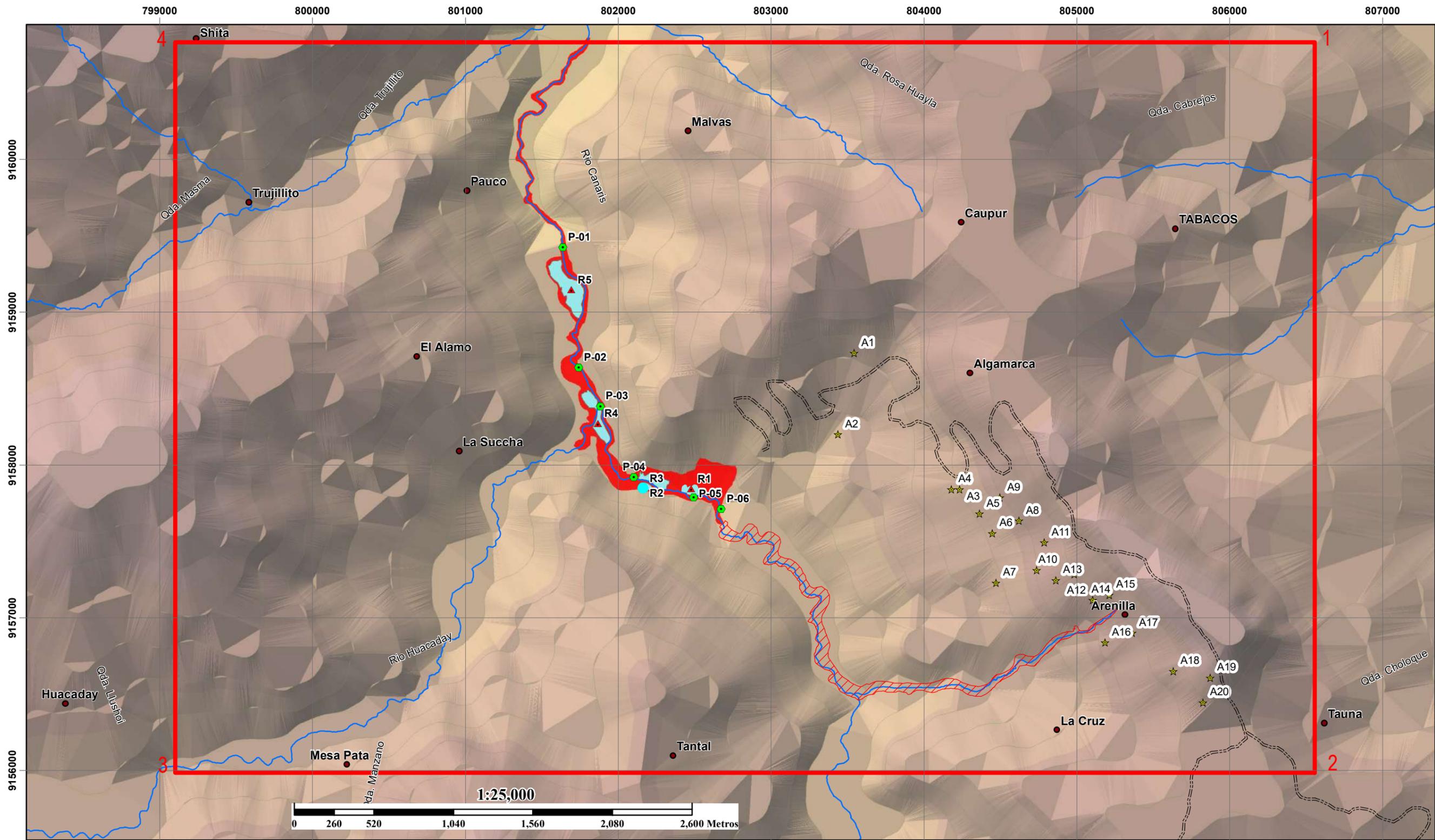
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA		 MAPA 04
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañarís, zona de Algamarc a – Cajabamba.		
TÍTULO: Plano Geológico		
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón		
TESISTA: Bac h. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas	



Sistema de coordenadas: Ptoyectadas UTM
Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

SIMBOLOGÍA	
★	Puntos de Actividad Minera
●	Puntos de Muestras de Agua
●	Centro Poblado
====	Trocha Carrozable
—	Drenaje
□	Zona de Investigación
▲	Relaves Mineros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA		
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca – Cajabamba.		
TÍTULO: Ubicación de punto de muestreo y residuos mineros		MAPA 05
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispín Zenón		
TESISTA: Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas	



Sistema de coordenadas: Ptoyectadas UTM
Datum: WGS 1984 - Zona 17 Sur

SIMBOLOGÍA	
★	Puntos de Actividad Minera
●	Puntos de Muestras de Agua
●	Centro Poblado
----	Trocha Carrozable
—	Drenaje
□	Zona de Investigación
▲	Relaves Mineros
■	Nivel de Riesgo
▨	Riesgo Inferido

Nivel de riesgo en función de la salud, seguridad de la población y calidad de ambiente	Rango del riesgo
Riesgo alto	10-25
Riesgo medio	6-15
Riesgo bajo	1-5

Fuente: Montalvo y Luque (2010)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA		
TESIS: Estimación del nivel de riesgo ambiental de aguas ácidas generado por residuos mineros en el río Cañaris, zona de Algamarca – Cajabamba.		
TÍTULO: Mapa de Nivel de Riesgo Ambiental		MAPA 06
ASESOR: Dr. Quispe Mamani, Crispin Zenón		
TESISTA: Bach. Katherine Magaly Saucedo Julcamoro		
FECHA: Cajamarca, Enero de 2021	ESCALA NUMÉRICA: Indicadas	