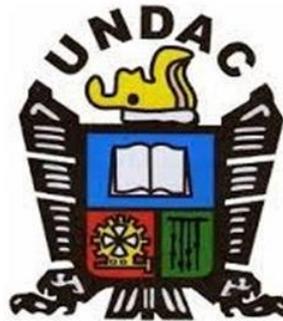


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Jhampier Richard SOLIS ALMERCÓ

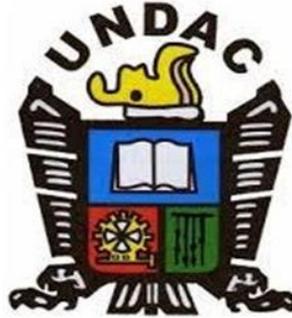
Asesor: Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido
en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
PRESIDENTE

Mg. Jose Luis SOSA SANCHEZ
MIEMBRO

Mg. Edgar PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por crear este maravilloso planeta.

A mi familia por esa ayuda incondicional.

A mis padres, ya que son lo más importante para mí,
motivándome en cada logro realizado.

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer de manera especial y sincera a mi asesor, por todas las sugerencias y mejoras en el desarrollo de mi tesis.

A mi familia, por brindarme la oportunidad de llegar hasta donde estoy, siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis maestros de la universidad por cada aporte y recomendación de los libros, los cuales contienen información relevante que debo leer.

A mis amigos de la universidad por las apreciaciones y punto de vista de mi tesis.

RESUMEN

Representa en consideración del Art. 73° del manejo ambiental de los depósitos de almacenamiento del D.S. N.º 040 – 2014 – EM. Que estimula en la evaluación ambiental mediante las indicaciones de la potencialidad de generación de los drenajes de formación acida de los residuos que representa el relave de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. con la comprobación de los años 2015 y 2017. Años que representa los inicios de los proyectos de ampliación de los depósitos de almacenamiento de estos relaves.

Por lo que se puso como objetivo de Identificar los niveles de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje acido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017. Cuyo enfoque se tiene en la descripción de forma cualitativo, buscando aplicar el conocimiento de la evaluación ambiental de acidez. Como marco referencial considerando dos muestras recolectadas del 2015 y dos muestras recolectadas del 2017.

Cuyo resultado representa el riesgo ambiental bajo y el riesgo ambiental medio de las muestras, por la que se representa la descripción cualitativa de dos de los tres niveles de riesgo ambiental mediante la generación de drenaje acido.

Palabras claves: Evaluación Ambiental, potencialidad de generación de drenaje acido, Relaveras.

ABSTRACT

Represents in consideration of Art. 73 of the environmental management of storage deposits of the D.S. N.º 040 – 2014 – EM. That stimulates in the environmental evaluation by means of the indications of the potentiality of generation of the drainages of acid formation of the waste that represents the tailings of the Mining Company Alpamarca S.A.C. with the verification of the years 2015 and 2017. Years that represent the beginning of the expansion projects of the storage deposits of these tailings.

Because what was set as the objective of identifying the levels of environmental evaluation through the potential of generating acid drainage in tailings of the mining company Alpamarca S.A.C. of the year 2015 and 2017. Whose focus is on the description in a qualitative way, seeking to apply the knowledge of the environmental evaluation of acidity. As a reference framework considering two samples from 2015 and two samples from 2017.

Whose result represents the low environmental risk and the medium risk of the environmental samples, by which the qualitative description of 2 of the three risk levels is represented by the generation of acid environmental drainage

Keywords: Environmental Assessment, acid drainage generation potential, Tailings.

INTRODUCCIÓN

Los desechos de los procesos de explotación minera son depositados en las relaveras en lo que se tienen en cuenta el control y el cuidado puntual de estos, evaluando el drenaje ácido que podrían generar acidez, perjudicando al ambiente.

La reacción inmediata fue considerado en el 2014 con el art 73° del D.S. 040 – 2014 – EM. Que involucra el manejo ambiental de los relaves mineros.

En la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. brinda cumplimiento ante en cuidado ambiental por medio de la evaluación mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido. Describiendo de forma cualitativa los niveles de los riesgos ambientales bajo los siguientes capítulos de la presente tesis:

CAPITULO I: Trata partes como la identificación y determinación del Problema, Delimitación del problema, Formulación del problema, Formulación de objetivos, Justificación y Limitaciones de la Investigación. Centralizando el Problema por la que se necesita encontrar la solución.

CAPITULO II: Antecedentes del Estudio, Bases Teóricas Científicas, Definición de Términos Básicos, Formulación de Hipótesis, Identificación de variables y definición operacional de variables e indicadores. Definido la información necesaria para entender el problema que su posibilidad dar las respuestas puntuales.

CAPITULO III: Tipo de Investigación, Métodos de Investigación, Diseño de Investigación Población y Muestra, Técnicas de Instrumentos de Recolección de Datos, Técnicas de procesamiento y análisis de datos, Tratamiento estadístico y Orientación ética. Pasos por lo que pase para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

CAPITULO IV: Descripción del trabajo de campo, Presentación análisis e interpretación de los Resultados, Prueba de Hipótesis, Discusión de resultados. Sintetizando las interacciones (observación, tomar fotos, archivos, etc.) para llegar a las Conclusiones y Recomendaciones.

Cuyo finalidad es identificar los niveles de la evaluación Ambiental con la condiciones de la potencialidad de generación de drenaje acido en los residuos de las relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. durante el año 2015 y 2017.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	2
1.2.	Delimitación de la investigación.	4
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de Objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo General	4
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.2.	Bases teóricas-científicas.....	15
2.3.	Definición de términos básicos.....	32

2.4.	Formulación de la hipótesis	34
2.4.1.	Hipótesis General	34
2.4.2.	Hipótesis Específicas	34
2.5.	Identificación de Variables	34
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores	34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	36
3.2.	Nivel de investigación	36
3.3.	Método de investigación.....	36
3.4.	Diseño de la investigación	37
3.5.	Población y muestra.....	38
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	38
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	38
3.9.	Tratamiento Estadístico	39
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	40
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	42
4.3.	Prueba de Hipótesis	54
4.4.	Discusión de resultados	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Principales sulfuros existentes en depósitos minerales y su reactividad respecto a O ₂ y Fe ³⁺ (Bahamondes, 2012; Dold, 2017)	20
Tabla N° 2: Tipos de drenajes ácidos minero (Aduvire, 2006)	20
Tabla N° 3: Caracterización de los tipos de material de presas y escombreras de mina (Environment Australia., 1997).	27
Tabla N° 4: Operación de variables e indicadores.....	35
Tabla N° 5: Ubicación de las estaciones de monitoreo 2015	42
Tabla N° 6: Métodos de Ensayo	42
Tabla N° 7: Equipos de Laboratorio.....	43
Tabla N° 8: Análisis del Laboratorio – Test ABA 2015	44
Tabla N° 9: Resultados del Laboratorio – Test NAG 2015	45
Tabla N° 10: Ubicación de las estaciones de monitoreo 2017	46
Tabla N° 11: Métodos de Ensayo	46
Tabla N° 12: Análisis del Laboratorio – Test ABA 2017	47
Tabla N° 13: Resultados del Laboratorio – Test NAG 2017.....	48
Tabla N° 14: Criterio para interpretar PNN y PN/PAM.....	49
Tabla N° 15: Interpretar PNN y PN/PAM de los relaves mineros	49
Tabla N° 16: Criterio para interpretar pH final NAG y NAG 4.5	52
Tabla N° 17: Interpretar PNN y PN/PAM de los relaves mineros	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Recolección de Muestra de relaves del año 2015.....	41
Figura N° 2: Recolección de Muestra de relaves del año 2017	41
Figura N° 3: Agente Potencial de generar Acidez PNN.....	50
Figura N° 4: Agente Potencial de generar Acidez PN/PAM.....	51
Figura N° 5: Agente Potencial de generar Acidez pH-NAG.....	53
Figura N° 6: Agente Potencial de generar Acidez NAG 4.5	54

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Los trabajos de explotación minera en los ámbitos nacional e internacional para la obtención de diferentes minerales de interés económico han venido generando desde hace siglos, enormes impactos ambientales, que solo hasta hace poco más de tres décadas comenzaron a ser estudiados y considerados con mayor seriedad. (PALMA HUILLCA, 2018)

Por lo que los relaves mineros involucran en su característica que es muy ácido, rico en sulfatos, dureza y metales pesados disueltos. Cuyo relave presenta en su estado químico proceso cíclico e irreversible, perdurando por años o décadas hasta que sea eliminado o evaluados para el control de la contaminación.

La contaminación por metales pesados se da cuando ciertos metales como el As, Cd, Co, Pb, Zn, Au, y Ag, que se encuentran dentro la composición de rocas extraídas o expuestas dentro los depósitos de relaves

mineros, se contactan con el agua. Usualmente, estos metales tienden a ser transportados río abajo, filtrados, o lavados de las rocas superficiales. A pesar de que los metales tienden a ser movidos cuando el pH es neutro, la lixiviación acelera de manera particular si el pH tiende a bajar. Como por ejemplo aquellos producidos por drenaje ácido de minería.

Los Drenajes Ácidos son los principales problemas ambientales que generan los trabajos de explotación minera, por lo que la evaluación ambiental es crítica en los hechos de ocasionar riesgos ambientales, de esta forma produciendo deterioros ambientales al momento de la generación de los drenajes ácidos de los relaves, la evaluación ambiental muestra importancia para poder tomar acciones en su control.

La presente tesis es un proyecto de carácter que describirá los criterios de la generación de drenaje ácidos por el TEST ABA y TEST NAG, encontrándose la interpretación fácil de la predicción de la generación del drenaje ácido del relave de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C.

Es importante evaluar de manera ambiental el relave de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. conociendo la potencialidad de generación de los drenajes Ácidos.

En un sentido que se utiliza el muestreo estático para identificar la neutralidad de los relaves para continuar un manejo ambiental hallando la responsabilidad ambiental de la Compañía Minera Alpamarca, por otro lado, al desconocimiento de la potencialidad de la generación de drenaje ácido involucra al riesgo ambiental perjudicial.

1.2. Delimitación de la investigación.

Esta investigación se centra en el ámbito en la potencialidad de generación de los drenajes ácidos de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C., en condiciones conjugado de obligación legal ambiental en los años 2015 y 2017.

Determinando la evaluación ambiental en las acciones desarrolladas de la potencialidad de generación de drenaje ácido con el Test ABA y el Test NAG en el relave de la Compañía Alpamarca S.A.C.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los niveles de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es la característica de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C.?

¿Cuál es la relación de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Identificar los niveles de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017

1.4.2. Objetivos específicos

Identificar la característica de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C.

Determinar la relación de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C del año 2015 y 2017.

1.5. Justificación de la investigación

Justificación Ambiental: Es un efecto sostenible y afianza a la evaluación ambiental, brinda alternativas en el manejo de los drenes ácidos producidas en la explotación, ayudando en la preservación de la flora, fauna y recursos naturales.

Justificación Social: La evaluación ambiental mediante el drenaje ácido ayuda a la convivencia, teniendo precaución de los riesgos ambientales encontrados, para luego tomar alternativas que ayuda de manera sostenible y con el tiempo sin causar un impacto ambiental significativo. Brindando seguridad a los centros poblados aledaños a la actividad.

Justificación Económica: Considerando que involucra equipos costosos cuando se realiza de manera dinámico.

Para evitar los costos de todos los equipos, se realiza con pruebas estáticas.

Justificación Teórica: Procedimiento que es confiable para la evaluación, se pretende identificar y describir las interpretaciones de los resultados de las muestras estáticas para el desarrollo teórico- práctico para la nueva generación de los alumnos universitario.

1.6. Limitaciones de la investigación

Los procedimientos para que se tenga acceso a informaciones entre los años 2015 y 2017, porque se destinaban a un archivo poco accesible.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedente Internacional

De acuerdo a (Martínez Ramírez, 2019) en su tesis “Protocolo de Caracterización para la Predicción de Drenaje Ácido en Depósitos de Relaves Mineros – España – 2019” concluye que:

- El drenaje ácido de mina (DAM), es referido al producto obtenido por medio del proceso de meteorización proveniente de minerales sulfurados cuando estos están expuestos a condiciones atmosféricas con presencia de oxígeno. Su formación es estimada en función a ensayos químicos estandarizados, que no toman en cuenta propiedades o características de la mineralización o texturales. Esta investigación integro resultados de ensayos predictivos del DAM que usualmente son empleados en la industria minera (test ABA modificado), a través de análisis químicos, mineralógicos y de textura llevados a cabo sobre muestras de relaveras.

Basado en ello, se propuso un protocolo que caracterizo relaves, que se podrían aplicar a diversos contextos geo-minero-metalúrgicos que permitieron estimar la generación de acidez.

- Para alcanzar lo previo, se analizaron 8 muestras de relaves que fueron provenientes de yacimientos mineros y de sulfurados masivos (Faja Pirática Ibérica, España), pórfido cuprífero (Andes chilenos), carbonatitas de Cu (Complejo Ígneo de Palabra, Sudáfrica) y un pórfido cuprífero (Andes Chilenos). Se llevaron a cabo análisis de XRD, fluorescencia portable de rayos, microscopía óptica, SEM-EDAX, X y análisis por medio de procesamiento de imágenes. Basado a los resultados encontrados, los relaves se clasificaron en 3 categorías: (i) Muestras que han sido expuestas a interactuar con el medio ambiente produjeron drenaje ácido, (ii) Muestras que no tendrían que producir drenaje ácido y (iii) Muestras que neutralizan la acidez. El protocolo usado para caracterizar que se genero tuvo 5 etapas: (i) se obtuvieron las muestras, identificados geológicamente, metalúrgicamente y minero a través revisiones bibliográficas; (ii) Primera etapa de análisis: fue caracterizado mineralógicamente, y se identificaron las asociaciones mineralógicas, morfológicas y texturales; (iii) Segunda etapa: análisis químico usando equipos como difracción de rayos X, entro otros ensayos disponibles y la aplicación del test clásicos predictivos de DAM; (iv) Conciliar y correlacionar información, así como identificar los factores más importantes para cada caso y (v) Asignar riesgo potencial para la generación de acidez. Para este último fue propuesto 03 categorías

usando la información previa: alto potencial, potencial medio y bajo de generación de acidez.

De acuerdo a (Cervantes Macedo , 2014) en su tesis “Caracterización del Drenaje Ácido y de las Rocas Asociadas a una Mina para Evaluar su Posible Aplicación en un Sistema de Tratamiento Pasivo – México 2014” concluye que el drenaje ácido de minas (DAM) es el producto obtenido cuando los sulfuros minerales se oxidan dentro de obras mineras y tienden a representar riesgo sobre los cuerpos de agua de ambos subterráneos y superficiales dado su alto contenido de metales, metaloides, y acidez neta en solución, sulfatos y sales. Hoy en día, estos son controlados a través tratamientos pasivos y activos. Los activos tienden a consumir energía y necesitan usar reactivos, haciéndolos menos viables a largo plazo. Este trabajo estuvo direccionado para tratamientos pasivos ya que poseen la vital ventaja de usar materiales naturales, siendo que no emplean energía, representan bajo costo a largo periodo. Todo pensando en hacer un cierre sustentable fue propuesto desarrollar un sistema pasivo que pueda tratar el DAM continuamente, pero que sea implementado dentro de la mina. Este trabajo se propuso investigar un tratamiento pasivo usando rocas de la zona. Su metodología caracterizo rocas relacionadas al yacimiento de la mina. El pH del DAM vario de 2.33 a 3.38, altas concentraciones de metales disueltos como Cu, Cd, Mn, Fe, Zn. Asimismo, presento elevado contenido de cationes y sulfatos (Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}). Fueron identificados 03 tipos de rocas que estaban asociadas al (Filita, Esquisto y Caliza) y que fueron analizadas su mineralogía usando microscopía y difracción de rayos X; Asimismo, fue

cuantificado los iones mayores y elementos traza por cromatografía y FRX. Resultados encontrados indican que la filita y la caliza contienen micas, plagioclasa, calcita, que poseen capacidad de neutralizar el DAM. En adición, fueron realizadas potencial de neutralización usando rocas donde se reportaron resultados favorables en la filita y caliza; así, valores negativos en el esquisto. Se concluye que fue posible emplear estas rocas dentro del sistema de tratamiento pasivo

De acuerdo a (García Cárdenas , 2013) en su tesis “Modelación del Potencial de Drenaje Ácido de Botaderos -Chile 2013” concluye que un método usado principalmente que permite determinar el potencial de generación de DA es usando el ensayo de celdas húmedas. Este ensayo ayuda a encontrar respuesta de una determinada muestra a través de ciclos de inundación y humedad basada en la generación de carga de metales y DA. No en tanto, las condiciones laborales fueron distintas a las generadas dentro la faena minera, iniciando con el propio material objeto de estudio. Para encontrar las diferencias fueron dispuestas 03 muestras donde se aplicaron ensayos de celdas húmedas, ABA, microscopia, granulometría, extracción secuencial, y análisis químico. Fueron caracterizados muestras empleando el modelo "shrinking core model" tomando en cuenta la modificación de (Gbor & Jia, 2004). Fue implementado él y fue observado cómo se comportó las muestras si se tuviese una distribución granulométrica típica en el botadero (McLemore, y otros, 2009). El modelo fue validado a través las celdas húmedas, usando el caso de la granulometría basada en las muestras. Resultados obtenidos indican que en función de las diferencias

granulométricas fue observado pH más elevados en un botadero, dado que se posee una fracción fina bajísima comparada a las muestras que fueron ensayadas. Diferencias relacionadas a valores de una misma muestra sigue un punto hasta los ciclos últimos. Asimismo, este modelo propuso 02 variables, siendo que la primera fue limitada a que solo reacciona la pirita que se expuso de manera directa a la superficie, y en segundo lugar, se varió el contenido de pirita, visando examinar el comportamiento y sensibilidad relacionado a la variable. Fue notado que ambos, el contenido de pirita, así como la manera de reaccionar las muestras tienden a ser importantes para controlar el pH, que podría llegar cifras varios puntos comparados al modelo anterior. En conclusión, se propuso mejorar el modelo visando mostrar lo que en verdad pasa en el botadero. No en tanto, es importante resaltar el rol que cumple la distribución granulométrica, manteniendo el resto de las variables constantes

De acuerdo a (Bahamóndez Honores, 2012) en su tesis “Importancia De La Actividad Microbiológica En La Predicción Del Drenaje Ácido De Minas - Chile 2012”.concluye que:

- En esta investigación fueron investigados 06 muestras de residuos de mina que fueron obtenidas de los relaves mineros de la mina Los Pelambres, visando estudiar el efecto de los microorganismos cuando se intente predecir el drenaje ácido de minas (DAM).
- El DAM posee efecto importante de residuos mineros, siendo uno de los principales problemas ambientales que enfrenta esta actividad. Aquí, bacterias ferro y thiooxidantes cumplen un rol vital cuando se generan los DAM dado a su efecto catalítico oxidando a los sulfuros. Este efecto

ya es reconocido en estados más avanzados del proceso con pH ácido, no en tanto no hay consenso acerca su importancia cuando se inicia el trabajo, dado que este se encuentra a valores arriba de 4,0.

- Programas para predecir el DAM usualmente tiene pruebas estáticas y cinéticas que visan simular condiciones cuando los materiales se meteorizan, pero cuando no hay participación de microorganismos efectiva. Un test confirmativo usando inoculación de microorganismos visa determinar el efecto cuando se genere DA. No en tanto, esta prueba emplea un pH muy ácido (pH 2,8), valor alejado de aquellas condiciones durante la etapa de transición cuando se da la oxidación biológica y química y biológica de sulfuros. Aquí, fue evaluado el efecto de la inoculación de un cultivo empleando microorganismos a pH mayor de 4,0.
- Tests estáticos hicieron posible una primera clasificación de las muestras basado a su potencial que posee para producir ácido. Diversas clasificaciones se encontraron aplicando estos resultados, y que mostro clasificación dispar de las muestras.
- Basado al test confirmativo, de 03 muestras evaluadas como potenciales a generar drenaje ácido a un pH 2,8, fue encontrado que solo uno de estas muestras tuvo potencial cuando se aplicó un pH inicial 4,5.
- Visando estimar las especies microbianas contenidas en la muestra de relave (M2), este fue analizado usando el CARD-FISH usando la mezcla que provienen del test confirmativo 3. Resultados mostraron presencia de *Acidithiobacillus ferrooxidans* y *Acidithiobacillus thiooxidans* a

elevadas proporciones, seguida por las especies de; *Leptospirillum* y *Sulfobacillus*, sustentada por la literatura.

- Diferencias reportadas basada a las clasificaciones empleando los test estáticos y confirmativos, revelan actividad bacteriana con pH mayor a 4,0, que debe tomarse en cuenta para realizar una correcta predicción del potencial producido del DAM.

2.1.2. Antecedente Nacionales

De acuerdo a (LI LIN, 2013) en su tesis “Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización 2013” concluye que:

- En este trabajo se propuso encontrar un método que mida el potencial de generación ácida aplicada dentro un relave minero en Perú, de donde se recolectaron muestras y fueron analizadas en un laboratorio a escala.
- Todo visando encontrar una metodología que haga más fácil el proceso de medición del potencial a generar ácido e incremente su confiabilidad de lo encontrado en relación a otros métodos que se usan actualmente.
- Este trabajo fue complementado a encontrar nuevos métodos de solución y neutralización frente a los problemas que acarrea la producción de acidez en estos relaves. Se llegó a la conclusión de que se logró determinar el potencial que podría mostrar diversos tipos de relave que producen contaminantes ácidos relacionado a aguas cercana a las operaciones mineras dentro el área de estudio (antiguas y/o en actividad), aplicando diferentes ensayos laboratoriales que busquen alguna

metodología que proporcione mayor confiabilidad a los resultados encontrados

2.1.3. Antecedente Locales

De acuerdo a (Chávez Contreras, 2018) en su tesis “Evaluación Geoquímica e Identificación de Drenaje Ácido de Roca de los Desmontes, Mineral y Pared de Tajo de la UEA - Cerro de Pasco Compañía Volcán 2018” concluye que actualmente, la Unidad Económica Activa (UEA) – Compañía Minera Volcan, posee 03 botaderos (Rumiallana, Miraflores y Hanancocha), y diversos stocks piles que albergan diversos tipos de minerales que presentan la ley baja. Materiales y residuos de botaderos y minerales acopiados usualmente presentan elevadas concentraciones de sulfuro (hasta >90% sulfuros) que están expuestos a la meteorización. El drenaje ácido de roca (DAR), término comúnmente usado para este proceso, considerando al lixiviado, infiltración o drenaje ácido que resulte. En cualquier lugar donde sean expuestos los minerales piríticos al oxígeno y agua, podrían resultar en un DAR. No en tanto, para que este problema sea crítico la presencia de la bacteria "Tiobacilus Ferrooxidante" es vital. Por medio de la restricción de cualquier componente se produce la acidez de manera significativa, pero que es controlable en función de la cantidad de pirita (% pirita) que se tiene en las reacciones. Basado a este fenómeno, es primordial evaluar qué posibilidades hay para que se genere Drenaje Ácido de Roca (DAR) dentro las instalaciones de la UEA Volcán, empleando métodos estáticos (primera fase de caracterización geoquímica), siendo necesarios aplicar también métodos

cinéticos (proporciona información básica que permita predecir la calidad probable del agua ácida aplicado al proyecto minero).

2.2. Bases teóricas-científicas

2.2.1. Evaluación Ambiental

Este tipo de evaluación tiene el objetivo de verificar que se cumpla la normativa y parámetros que se encuentran vigentes. Estas evaluaciones proporcionan cual es el estado de los componentes del entorno, lo que posibilita planificar acciones a realizar visando mantener o mejorar ciertas características medioambientales (Wikipedia, 2022)

2.2.1.1. Utilidad De La Evaluación Ambiental

Este permite identificar como mejorar los proyectos ambientales y visa minimizar, compensar o atenuar diversos impactos. Aquí se alertan a los diseñadores de proyectos, agencias que irán a ejecutarlas y a su personal acerca la existencia de ciertos problemas, que lleva a hacer evaluaciones ambientales:

- Permiten tratar problemas ambientales de forma práctica y oportuna;
- Reduce la necesidad de implantar limitaciones al proyecto, dado que se consigue dar pasos adecuados con anticipación o incorporarlos cuando este sea necesario.
- Ayudan a pagar costos elevados o demoras si se presentan problemas ambientales que no fueron anticipados.

Además, la evaluación ambiental ofrece la oportunidad de ponderar oportunidades para mejorar la calidad y equilibrar un sistema

basado al factor antrópico que pueda afectarse de forma positiva o negativa, pero de forma directa. Asimismo, ofrecen mecanismos formales para que se coordine interinstitucionalmente y se trate de preocupaciones de grupos que fueron afectados o de organizaciones no gubernamentales locales. En adición podrían desempeñar un papel vital para fortalecer la capacidad ambiental de un país, permitiendo identificar dentro un país ciertas potencialidades ecológicas, y de transformación que poseen las comunidades o grupos de personas.

De manera similar a los análisis institucionales, económicos y financieros, este forma parte durante el diseño de un proyecto, así, el responsable es el prestatario. Y, por último, este está ligado a diversos aspectos tales como:

- Consideraciones ambientales que merecen importancia cuando se tome decisiones relacionadas al diseño, ubicación, y selección; y,
- Que no se demore su realización. Además, es vital tomar en cuenta que no todo desequilibrio dentro un sistema ecológico pueda tomarse como problemática ambiental, dado que este podría proceder de alteraciones naturales dentro las cadenas tróficas de organismos que están involucrados (Wikipedia, 2022)

2.2.2. Potencialidad de generación de drenaje ácido

2.2.2.1. Generación de drenaje Ácido

Producto generado después del proceso de meteorización de minerales sulfurados, que sucede si rocas poseen este tipo de minerales y están expuestas a condiciones atmosféricas oxidantes.

Usualmente como consecuencia de procesos geológicos naturales quien es conocido como drenaje ácido de rocas (DAR), o cuando alguna actividad antrópica remueva material rocoso, por ejemplo, la minería (drenaje ácido de minas, DAM). Estas actividades producen condiciones que permiten que haya interacción agua-aire con enormes volúmenes de rocas que en el inicio estaban debajo la superficie (Jenkins, 2000). Aquí resulta una generación de soluciones de elevada acidez, alto contenido de metales, y sulfatos disueltos que tienen la capacidad de alterar entornos (Nordstrom, 2011). En la actividad minera, el DA tiende a afectar una fracción importante de residuos generados cuando se realiza la extracción y procesamiento de los minerales, el cual afecta básicamente a las escombreras de roca estéril, pilas de lixiviación, y a los depósitos de relaves.

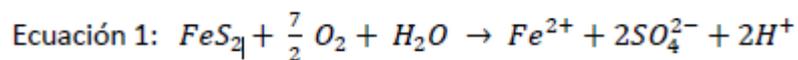
El mineral más propenso para que se genere drenaje ácido son los sulfuros, con la pirita siendo la más principal entre todas, dado que esta presenta su cinética de oxidación más acelerada comparada a otros sulfuros (DAM es producido con mayor facilidad y en menor tiempo). Asimismo, este constituye el mineral sulfurado con mayor abundancia dentro la corteza terrestre (Bayliss, 1989; Chandra, 2010.; Rickard, 2015)

Volúmenes de roca que albergan altas concentraciones de pirita, presentes circulación de agua y aire adecuados, y que muestren exposición a la superficie son más propensos a generar DAM (Fey, 2003) (Chandra, 2010.). Asimismo, depósitos de relaves que

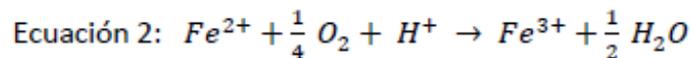
presenten granulometrías finas y homogéneas y que fueron sometidos a procesos como molienda y flotación y que estén expuestas a áreas superficiales su tasa de meteorización es alta. Esto favorece a que se forme DAM, sobre todo si su mineralogía está ligada a altas concentraciones de pirita Ferguson y Erickson (1987), sostienen que hay 03 tres etapas para que se forme un drenaje ácido:

Etapas 1: Oxidación química generada cuando entran en contacto O_2 atmosférico con los minerales sulfurados. Aquí, se produce acidez de forma rápida que se neutraliza por minerales que consumen ácido, haciendo que el pH se tenga un valor próximo a la neutralidad por cierto tiempo.

En un entorno donde el mineral sulfurado es la pirita, la reacción química que ocurre es descrita por la siguiente ecuación:



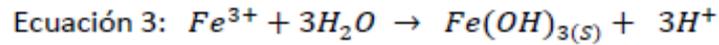
Si el potencial redox muestra valores elevados y el $pH \geq 7$, el Fe (II) tenderá a oxidarse a Fe (III), siendo consumida parte de la acidez:



Si los minerales consumidores de ácido no actúan más, el pH tiende a caer, alcanzando la próxima etapa.

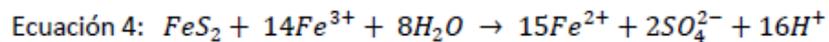
Etapas 2: Si se atinge un $pH \leq 4.5$ los organismos dominaran la oxidación. En esta fase, la velocidad de reacción es acelerada dado que las bacterias catalizadoras logran un pH que hace que parte del Fe

(III) sea hidrolizado, formándose así el hidróxido férrico, quien ofrece más acidez al sistema, como presentado en la ecuación 3:



Cuando se alcance valores de pH que varíen de 3 y 4.5, la oxidación del sistema es considerada como del tipo biótica, en donde actúan diversos tipos de bacterias (*Acidimicrobium ferrooxidans* y *Sulfobacillus acidophilus*), entre otras (Wakeman, 2008; Bahamondes, 2012). Si se logra un $pH < 3.5$, es activada la tercera etapa.

Etapa 3: Aquí, los iones férricos no se hidrolizan e inician a actuar como agentes oxidantes, similar al O_2 . Esto hace que la velocidad de reacción se torne mayor en relación de las etapas previas, siendo que la oxidación provocada por el ion férrico inicia a atacar otros minerales sulfurados que en principio no reaccionaban. Para pirita por ejemplo, la siguiente ecuación describe esta etapa:



Si se tiene valores bajos de pH, parte del Fe (III) aún permanece disuelta, mientras el Fe (II) podría continuar a ser oxidado a Fe (III), como mostrado en la ecuación 2.

El Siguiete tabla, presenta diversos minerales sulfurados presentes en depósitos minerales, indicando con quienes generan ácido si tienen contacto con el O_2 (iniciando en la primera etapa), o si

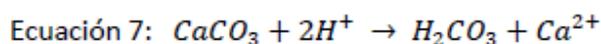
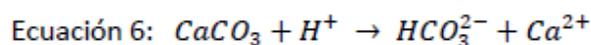
se necesita al ion férrico como principal agente oxidante que genere acidez (iniciándose en la tercera etapa).

Tabla N° 1: Principales sulfuros existentes en depósitos minerales y su reactividad respecto a O_2 y Fe^{3+} (Bahamondes, 2012; Dold, 2017)

Genera acidez en presencia de O_2		Genera acidez en presencia de Fe^{3+}	
Pirita	FeS_2	Esfalerita	ZnS
Pirrotina	$Fe_{1-x}S$	Galena	PbS
Bornita	Cu_5FeS_4	Calcopirita	$CuFeS_2$
Arsenopirita	$FeAsS$	Covelina/Calcosina	CuS/Cu_2S
Enargita/Famatinita	Cu_3AsS_4/Cu_3SbS_4	Cinabrio	HgS
Rejalgar	AsS	Millerita	NiS
Oropimente	As_2S_3	Pentlandita	$(Fe,Ni)_9S_8$
Estibnita	Sb_2S_3	Greenockita	CdS

El DA podría no ocurrir si las mineralogías si se tiene combinaciones con capacidad de neutralizar estas. Teóricamente, toda la acidez será consumida en la solución si el potencial de neutralización tienda a ser más alto que del de acidificación dentro del sistema (Fey, 2003). Entre los minerales que tienen la capacidad de neutralizar ácidos están básicamente los silicatos, carbonatos, hidróxidos, y en menor medida los óxidos (Reed, 1997)

Para la calcita por ejemplo, ecuaciones que se asocian al consumo de acidez son:



Un factor crítico de los DA están relacionados a los elevados niveles de metales y que son transportados. A pesar de que en reacciones de neutralización, metales como Fe y Al son adicionados a las soluciones, estos usualmente son solubles incluso a pH alcalino o neutro. En depósitos donde se atinge esta tercera etapa mencionada,

se iniciará con la lixiviación de sulfuros que serán aportados por elementos como el Cd, Hg, Pb y Zn.

En drenajes ácidos el anión principal es el SO_4 y los cationes mayoritarios son Fe, Mn y Al. En cambio, en drenajes alcalinos el HCO_3 es más significativo que el SO_4 y los contenidos de Ca, Mg y Na son más elevados que los de Fe y Al.

Tabla N° 2: *Tipos de drenajes ácidos minero* (Aduvire, 2006)

TIPO	pH	DESCRIPCIÓN
I	< 4,5	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
II	< 6,0	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ión ferroso (Fe^{2+}) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
III	> 6,0	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe^{2+}) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
IV	> 6,0	Alta cantidad de partículas disueltas. Drenaje neutralizado, pero todavía no se han fijado los hidróxidos en el agua. A mayor tiempo de residencia en las balsas mayor fijación de partículas y el agua puede llegar a ser similar al de Tipo V.
V	> 6,0	Agua del drenaje es neutralizado. Alta cantidad de sólidos disueltos. Gran cantidad de hidróxidos precipitados y fijados en las balsas. Cationes restantes son disueltos por Ca y Mn. Oxi-aniones solubles como bicarbonato y sulfato quedan en la solución.

a. Predicción de drenaje ácido

El predecir el drenaje ácido consiste en determinar si un volumen de residuos o materiales de mina logran o no producir acidez, el cual es

llevado a cabo usando diversos ensayos analíticos, asimismo, busca predecir la calidad de los drenajes basado en las condiciones ambientales del área.

Considerando que ciertos minerales poseen la capacidad de generar acidez y otros como neutralizadores de estos, se podría estimar la calidad del agua de mina. Para ello, se recurre a aplicar uno o varios ensayos estáticos donde se busca determinar el potencial ácido/base de cada material, así como se podría emplear los ensayos cinéticos (básicamente métodos de lixiviación) in situ o empleando laboratorios, donde se podrían reproducir ciertas condiciones ambientales de campo (biológicas, físicas, y químicas). Asimismo, es posible emplear técnicas que incluyan procedimientos geoquímicos y/o geofísicos.

Los ensayos estáticos, está en función de evaluar un balance entre generar ácido (oxidación de minerales sulfurosos) y su capacidad para neutralizar esta acidez (disolución de carbonatos y otros minerales). Una de las técnicas de análisis estático que más es aplicado es la relación ácido/base, pH, medida de conductividad (EC) y el ensayo de generación ácida neta (NAG).

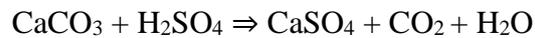
b. Relación ácido/base

Procedimiento fácil y rápido que permite evaluar si se forma o no la acidez sobre materiales o rocas de escombreras o minas. No en tanto, si se pretende alcanzar más exactitud en la evaluación esta debe estar correlacionada a variables como pH, mineralogía, entre otros.

Usualmente la generación ácida de un material es medida basada en la presencia de la cantidad de S en la muestra o mineral, a través la siguiente reacción:



La previa reacción anterior muestra equivalencia de que son generados 2 moles de ácido (2H^+) por cada mol de azufre (S), siendo que los 2H^+ tienden a ser neutralizadas por compuestos básicos de acuerdo a:



Así, 1 mol de S consigue neutralizar 1 mol de CaCO_3 . Dado que valores de producción ácida potencial (AP) en las muestras son expresadas en kg de CaCO_3 /tonelada de material (t), este se expresa como sigue:

$$\text{AP} = (\text{X}/100) \times 1000 \text{ kg} \times [\text{Peso molecular } \text{CaCO}_3 / \text{Peso atómico S}]$$

La AP es determinado multiplicando el contenido de S total (en %) o S en sulfuro (basado en el ensayo, donde se asume oxidación completa del S) de la muestra por un factor de conversión. Este factor es obtenido cuando de toma en cuenta $\text{X}/100 = \text{porcentaje S}$ (peso molecular del $\text{CaCO}_3 = 100$ y peso atómico $\text{S} = 32$), que se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$\text{AP} = \text{S}\% \times 31,25 \text{ kg } \text{CaCO}_3/\text{t}$$

La neutralización potencial (NP) es referida a medir el CO_3 disponible que neutralice la acidez (silicatos minerales, carbonatos primarios, en menores contenidos ciertos cationes intercambiables), y se

determina en función al ácido que se adiciono en la muestra y el ácido que fue consumido.

En drenajes de mina, ensayos estáticos solo consigue predecir de manera cualitativa la capacidad que poseen para producir acidez, si se compara la máxima producción de acidez (AP) frente a la máxima neutralización potencial (NP).

Así, el AP es determinado usando la estimación del contenido de S que reacciona en muestra, pero que presenta ciertas limitaciones, en más frecuencia cuando el S total es aplicado para predecir su contenido. Esta incertidumbre usualmente está relacionada a errores como:

- Cuando se valora de manera simultánea la acidez y neutralización en la muestra.
- La acidez es calculada partiendo de un valor de conversión de S total.
- Errores analíticos.

Además, debe tenerse en consideración que se está estimando la cantidad de sulfuro que es generado con los procesos de oxidación cuando se estima en largo plazo, aplicando ensayo simulados que poseen corta duración de tiempo.

Ensayos estáticos consiguen solo estimar de manera cualitativa la capacidad que se genera la acidez en drenajes de mina cuando se compara la máxima producción de acidez potencial (AP) y el de neutralización. El AP se puede controlar básicamente por el contenido y tipo de sulfatos, metales (Fe, Al y Mn) y sulfuros que logren hidrolizarse. En contraste, el NP únicamente toma en cuenta silicatos y carbonatos.

El NP, AP y NNP son expresados usualmente en kg, toneladas de $\text{CaCO}_3/100$ toneladas de material (partes por mil).

El potencial de neutralización neta (NNP) es referida a medir la basicidad o acidez de una muestra y es calculada mediante la diferencia entre el NP y AP, como sigue:

$$\text{NNP} = \text{NP} - \text{AP}$$

El NP, AP y NNP son expresados en toneladas $\text{CaCO}_3/1000$ toneladas de material.

Dado que el NAPP no considera las condiciones ambientales, no toma en cuenta la cantidad de material que tiende a reaccionar para producción ácida, siendo que únicamente indica si un residuo o material de mina produce o no acidez. No en tanto, este ensayo es vital dado que permite estimar procesos químicos, físicos que son generados en cada entorno.

Asimismo, es posible cuantificar el grado de generación ácida usando la relación NP/AP. Siendo que sí, $\text{NNP} = 0$, la relación NP/AP = 1, cuyo valor indica cierto equilibrio con posibilidad de generación ácida. Si los valores de NNP son elevados, más de 20 t de $\text{CaCO}_3/1000$ t de residuo (ratio 3:1) posee la capacidad de generar ácido, pero bajo. Además, debe tomarse en cuenta que esta situación podría modificar basado al área superficial y de la presencia de sulfatos de Fe y CaCO_3 y carbonato de Mg.

Si se presente una diferencia negativa entre NP y AP, esto indica elevada probabilidad para que se formen ácidos, pero, si el valor es positivo, el riesgo de generación ácida es menor.

Si valores de NNP varían de -20 a 20 la estimación de que se produzca acidez es dificultosa e incierta, dado que puede formarse acidez en cantidades menores o mostrarse como una muestra de baja.

c. Generación ácida neta (NAG)

Ensayo que permite determinar que probabilidad hay para generar drenajes ácidos, a través de la aceleración de la reacción de oxidación y neutralización. A pesar la exigencia para interpretar datos, los ensayos NAG siguen siendo los métodos preferidos cuando se quiere caracterizar residuos de mina y estériles.

En la práctica, es posible combinar resultados NAG: pH y conductividad eléctrica (EC), que permitiría predecir el potencial ácido del material que se encuentra almacenado dentro las escombreras de mina, presas, que permitan llevar a cabo una clasificación como mostrada en la tabla a seguir.

Esta forma de clasificación ayuda a mermar el impacto producido por la producción de drenajes ácidos de materiales que estuvieron almacenados en escombreras o presas de mina. Asimismo, permite mejorar diseños relacionada a las estructuras que eviten el ingreso de oxígeno y agua.

En cualquier actividad minera la acidez es generada a través la oxidación de sulfuros, algo común cuando el material extraído entra en

contacto con la atmósfera. Para determinar la relación ácida/base hay un procedimiento simple y rápido que permite evaluar si se forma o no la acidez sobre materiales, rocas, o escombreras de mina. No en tanto, si es buscado mayor exactitud durante su evaluación, esta información tendría que ser correlacionada con otras variables como: color, mineralogía, pH, y considerar otros procedimientos analíticos.

Si se emplea muestras de material inorgánico, pero que contenga S, el potencial producido de ácido es relacionada a la oxidación de sulfuros minerales, como, por ejemplo: galena (PbS), pirita (FeS₂), calcopirita (CuFeS₂), pirrotita (Fe_{1-x}S), esfalerita (ZnS), etc. El azufre del sulfuro tiende a reaccionar en presencia de oxígeno y agua, formando ácido sulfúrico, que equivale a CaCO₃ que muestra un potencial de generación ácida CaCO₃ kg/t o CaCO₃/1000 t.

El método empleado es dependiente del tipo de muestra, dado que algunas son seleccionadas de forma conveniente sobre las escombras, mientras otras toman espacios mineros recuperados. Si que quiere encontrar un valor representativo de la relación ácida/base, es aconsejable analizar los métodos por separado. Materiales que muestren pH más elevados que 6, podrían ser analizados de manera tradicional (ácido/base = NP – PA).

Tabla N° 3: *Caracterización de los tipos de material de presas y escombreras de mina* (Environment Australia., 1997).

TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS	RECOMENDACIONES
I A	No forma acidez Nada, baja o moderada salinidad NAG: pH > 4 y EC (1:5) < 0,8 dS/m NAG: pH > 4 y EC (1:2) < 1,5 dS/m	Apropiado para cualquier tipo de construcción y relleno. No requiere especificación geoquímica. Apropiado para trabajos de restauración.
I B	No forma acidez Alta salinidad NAG: pH > 4 y EC (1:5) 0,8-1,3 dS/m NAG: pH > 4 y EC (1:2) 1,5-2,5 dS/m	Apropiado para rellenos en general. No deseable para recuperación de terrenos salinos. Evitar dejar áreas con 30 cm de superficie libre.
I C	No forma acidez Extrema salinidad NAG: pH > 4 y EC (1:5) > 1,3 dS/m NAG: pH > 4 y EC (1:2) > 2,5 dS/m	Puede utilizarse como relleno en general, siempre que este aislado del núcleo de la presa. No dejar áreas restauradas con 50 cm de superficie.
II	Potencial formador de acidez Riesgo bajo 3 < NAG: pH < 4	No apropiado para usos en construcción y rellenos en general, a menos que el núcleo de la presa este compactado y aislado de lixiviados. No dejar áreas con 1 m de superficie libre o de talud final de la escombrera. Estos materiales pueden convertirse en tipo I si se mezclan con caliza u otros materiales que neutralizan la acidez.
III	Potencial formador de acidez Riesgo alto NAG: pH < 3	Sus lixiviados deben ser encapsulados y aislados. Debe depositarse en capas compactadas. Ubicar este material en el centro de las escombreras. No dejar áreas con 1 m de superficie libre o 5 m en el talud final de la escombrera. En restauración poner una capa compactada de material tipo I C sobre el de tipo III antes de colocar los suelos de cobertera (arcillas, tierra vegetal y otros). Estos materiales pueden convertirse en tipo I si se mezclan con caliza u otros materiales que neutralizan la acidez.

NOTA: EC (1:5) = Conductividad eléctrica en mezcla de 1 parte de sólido y 5 partes de agua.

2.2.3. Relaves mineros

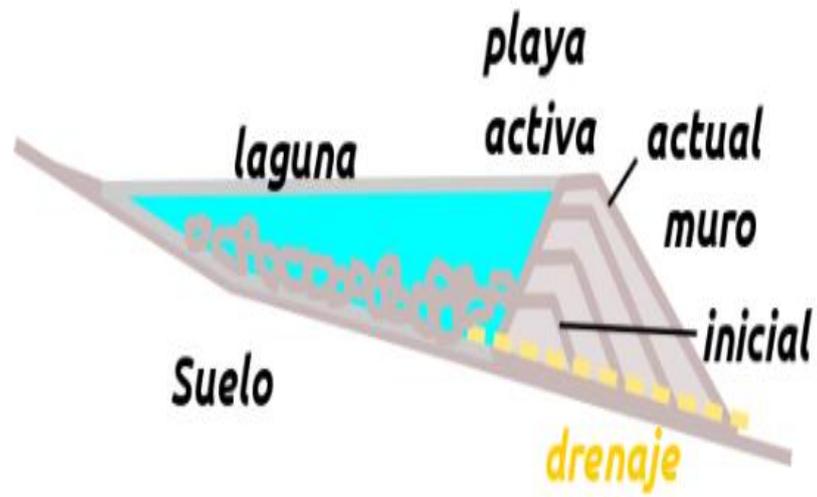
Un relave minero es considerado a cualquier residuo o desecho provenientes de procesos mineros, y que principalmente está constituido por una mezcla de rocas molidas en contacto con minerales de ganga y agua (Real Academia Española, 2022)

Basado a la naturaleza acuosa de las relaveras, estos podrían comportarse de manera fluida haciendo que esta ceda sobre depósitos adecuados y confinados. Estos son conocidos como balsas, embalses o tranques, que emplean el mínimo espacio que existe entre las montañas y cerros, pero que actúan como muro de contención. Estos enormes volúmenes usualmente están expuestos a meteorización de forma continua (Engels, 2006).

Los relaves poseen elementos que fueron lixiviados del medio ambiente y que se transportan o almacenan sobre depósitos o tranques, donde los elementos empiezan a infiltrarse de manera lenta en el fondo del suelo y agua. Este material está dispuesto dentro un depósito estratificado de finos materiales sólidos. Su manejo de estos relaves es vital para poder recuperar el agua y evitar infiltraciones dentro del suelo o napas subterráneas, dado que su almacenaje es su única opción.

Como el costo de gestionar este material es elevado, las industrias mineras se centran en encontrar "tranques o depósitos de relaves", en lugares aledaños de una planta de procesamiento de minerales, reduciendo así, costos de transporte y reusando agua contenida. Ciertas empresas que realizan minería hacen esfuerzos para que logren reusar los residuos de los relaves o tranques visando mermar el impacto sobre el medio ambiente y así, producir nuevas fuentes de ingresos (wikipedia, 2022)

Partes de un relave



Partes de un depósito de relave.

Muro: referida a la represa que alberga al derrame de residuos sólidos.

Cubeta: volumen disponible que alberga la represa. Aquí es incluido ambos el agua y el material sólido que contiene el agua, y que posteriormente por intermedio de la sedimentación formara parte de la cubeta.

Laguna de aguas claras: laguna que se aclara en la cubeta, después que los sólidos se sedimentan en las capas inferiores.

Sistema de drenaje: Sistema que permite evacuar el agua desde el interior de la cubeta, visando deprimir al máximo su nivel freático.

Revancha: diferencia menor en cota, y línea de coronamiento del muro de contención en relación a la superficie adyacente de la vecina (fracción lamosa) de la superficie del agua, generado dentro los tranques o embalses de relavera.

Coronamiento: parte superior del prisma que resiste o actúa como muro de contención, aledaño a la horizontal.

Canal de contorno: Canal de desvío de agua relacionada a la cuenca hidrográfica que puede captar y desviar escorrentías superficiales, que impide que ingresen a la cubeta del depósito de relaves.

Playa activa: área donde son descargados relaves en la cubeta. Esta usualmente seca sobre la superficie y es similar a una playa de arenas finas. Parte de la relavera o lama que se ubica aledaño a la línea de vaciado (wikipedia, 2022)

2.2.4. Base legal

La Constitución Política del Perú “Toda persona tiene derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” (Constitución Política del Perú, 1993, art. 2°).

La Normatividad Legal Ambiente 28611, sostiene dentro el artículo I del Título Preliminar, cualquier persona posee derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. (MINAM, 2005)

DS N.º 040 – 2014 – EM: Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero-Artículo 73º: Del manejo ambiental

de los depósitos de almacenamiento Para los depósitos de almacenamiento permanente de cualquier tipo de material -suelo orgánico, desmonte, mineral de baja ley u otros- y que esté fuera del área de extracción -tajos y labores-, este debe llevarse a cabo a través de la evaluación sobre el potencial de generación de drenaje ácido y lixiviación de metales u otros contaminantes del material a almacenar. La determinación del drenaje ácido o lixiviación de metales se realiza por medio de pruebas estándares netos para ese fin. Si llega a comprobarse tales depósitos que de manera potencial generan el drenaje ácido, tiene que implementarse medidas para que gestionen de forma correcta a fin de minimizar efluentes que alcancen el subsuelo, a través de un tratamiento correcto, previo a que estos sean descargados al ambiente, que debe ser detallado en el estudio ambiental correspondiente. (MINEM, 2014)

DS N° 013-2010-AG Aprueban Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos. Fecha de publicación 20/11/2011

2.3. Definición de términos básicos

Ambiente: Según el marco normativo peruano el «ambiente» “comprende 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, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las personas y la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otros” (MINAM, 2005)

Contaminante Ambiental: Toda materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el medio ambiente, degrada su calidad original a

un nivel que afecta la salud, el bienestar humano y pone en peligro los ecosistemas. (MINEM, 2022)

Contaminación ambiental: Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad. (MINEM, 2022)

Residuos: Producto producido después de realizar operaciones mineras y que son conocidas como escombros, desmontes, desechos, escombros, colas, escorias, etc., (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

Lixiviación: Proceso realizado para separar componentes químicos que se extraen de materiales naturales tales como el suelo, roca, etc., y se logra a través de su disolución en agua, movilizándose por acción ejercida por la gravedad de medios porosos. (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

Drenaje ácido: Se refiere a las aguas que muestran pH bajo, y que contienen sulfatos, que contribuyen con la hidrólisis y oxidación de minerales sulfurados (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

Relaves: Material de desecho de una molienda luego de que se ha recuperado los minerales valiosos. Los cambios de precios en los metales preciosos y las mejoras de la tecnología a veces pueden hacer que los relaves adquieran un valor económico y se reprocesen en una fecha posterior. (Southern copper, 2022)

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Los niveles de la evaluación ambiental se caracterizan con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Las características de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido son simbólicas en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C.

Existe relación directa entre la evaluación ambiental y la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable independiente

Potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

2.5.2. Variable dependiente

Evaluación Ambiental en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C.

2.5.3. Variable dependiente

Relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla N° 4: Operación de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable				
Independiente	La potencialidad de generación de drenajes ácidos por las muestras estáticas en laboratorio en años 2015 y 2017	Test ABA Test NAG	Azufre pH CaCO ₃	Und. pH %S KgCaCO ₃ /t Kg H ₂ SO ₄ /t
Variable dependiente	Evaluación Ambiental por los análisis realizados en laboratorio en años de 2015 y 2017	Bajo o nulo potencial de Generación de ácido Potencial Incierto de Generación de ácido Alto potencial de Generación de ácido	Riesgo Ambiental bajo o nulo Riesgo Ambiental incierto o medio. Riesgo Ambiental critico o alto.	Verde Amarillo Rojo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

No Experimental; ya que se enfoca en la descripción cualitativa de los resultados de los años 2015 y 2017 obtenidos en el laboratorio del muestreo estático. Por lo que se considera no experimental ya que no se modificaron los datos obtenidos durante su recopilación en la investigación.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo cualitativo, ya que permite obtener información precisa sobre las variables de investigación, el resultado obtenido de laboratorio servirá para comprobar la hipótesis de la tesis.

3.3. Método de investigación

Este trabajo posee un enfoque de método hipotético deductivo, dado que el método es vital para comprobar hipótesis o teorías en función de hipótesis que proporcione calidad de hipótesis, para después probar a través la deducción de las consecuencias del modelo, aplicar el método que pruebe

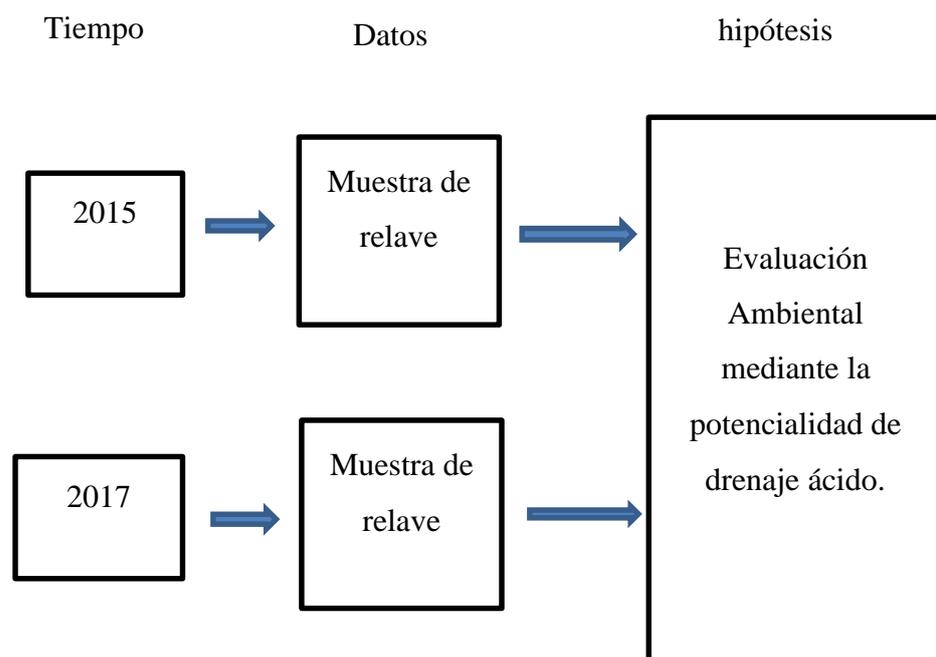
la hipótesis y su aceptabilidad o falsedad a través de las consecuencias lógicas en función a los datos observados (Hernández, 2014); considerando los siguientes pasos:

- Identificación de la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras.
- Determinar a través de los años los niveles de generación de drenaje ácido del relave.
- Describir la evaluación ambiental de la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de los años 2015 y 2017.

3.4. Diseño de la investigación

Descriptivo – Cualitativo: porque busca ampliar y enfocar el conocimiento acerca de la relación de la Evaluación Ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras. De carácter longitudinal por la relación de los años 2015 y 2017.

Con el siguiente diseño:



3.5. Población y muestra

La población y muestra es representada por las dos (2) muestras recolectadas en el 2015 y dos (2) muestras recolectadas en el 2017 del relave de la Minera de Alpamarca S.A.C.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica principal en la presente investigación es el análisis documentario enfocado en los resultados del laboratorio de las muestras de los relaves de los años 2015 y 2017. Y fotografías durante la recolección de estas muestras.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recopilación de datos fue los resultados del laboratorio que realizó el muestreo en los relaves mineros de la Compañía Minera de Alpamarca S.A.C para su análisis para llegar a la hipótesis planteada.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los instrumentos fue simplificada en conformidad análisis para la descripción de los análisis de laboratorio de los años de 2015 y 2017

La validación y confiabilidad de estos análisis son gracias a Erika Aliga Ibarra Supervisor de Laboratorio CIP 100391, brindando los resultados del muestreo en los relaves mineros de la Compañía Minera de Alpamarca S.A.C de los años 2015 y 2017.

Garantizándonos los resultados válidos para la evaluación ambiental

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.8.1. Técnicas de procesamiento de datos.

Para procesar los datos recolectados fue empleado la secuencia seguir:

- Diseño de matriz de datos
- Tabular los resultados encontrados (comparación)
- Organizar visualmente los datos (tablas, cuadros y gráficos)
- Analizar e interpretar los resultados

3.8.2. Análisis de datos

Son las descripciones de las características de las potencialidades de la generación de drenaje ácido.

3.9. Tratamiento Estadístico

Realizamos el tratamiento con el software de Microsoft Word y Excel en la interpretación y análisis correspondientes de los datos, que involucra los gráficos y tablas estadísticos.

Hallando la interpretación de las variables por los resultados obtenidos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Orientada a los cumplimientos prácticos para el cuidado ambiental antes de iniciar un nuevo proyecto adjunto, contribuyendo de esta forma en los cuidados que se debe tener en cuenta de la evaluación ambiental y la generación de los ácidos por los relaves de las actividades mineras.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La Compañía Minera Alpamarca S.A.C está ubicado en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Yauli, departamento de Junín.

La Compañía Minera Alpamarca S.A.C da cumplimiento del Artículo 73°: Del manejo ambiental de los depósitos de almacenamiento del D.S N.º 040 – 2014 – EM: Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, mostrando en los siguientes gráficos la recolección de muestreo de los relaves.

Figura N° 1: *Recolección de Muestra de relaves del año 2015*



Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2015

Figura N° 2: *Recolección de Muestra de relaves del año 2017*



Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2017

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca del año 2015.

Tabla N° 5: *Ubicación de las estaciones de monitoreo 2015*

Estación	Descripción	Coordenadas UTM*(m)	Altitud (msnm)
R-1	A 50 m. del dique de la Relavera Alpamarca	E 0341082 N8760623	4 700
R-2	A 100 m. del dique de la Relavera Alpamarca.	E 0341108 N8760633	4 701

R=relave

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2015

Tabla N° 6: *Métodos de Ensayo*

Parámetros	Unidades	Normas
Azufre total	%S	ASTM E1915 Standard Test Methods for Analysis of Metal Bearing Ores and Related Materials for Carbon, Sulfur, and Acid-Base Characteristics
Azufre como Sulfuro	%S	ASTM E1915 Standard Test Methods for Analysis of Metal Bearing Ores and Related Materials for Carbon, Sulfur, and Acid-Base Characteristics

Azufre como Sulfato	%S	ISO 11048 Rev. 0 1995
Efervescencia	-	EPA 600/2-78-054(1978)
pH-pasta	Und. pH	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial de Acidez		
Máximo PAM	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial de Neutralización		
PN	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial Neto de		
Neutralización PNN	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
PN/PAM	-	EPA 600/2-78-054 (1978)
Acidez NAG4.5	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009
Acidez NAG 7	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009
pH - NAG	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2015

Tabla N° 7: Equipos de Laboratorio

Código	Equipo	Marca	Modelo/Material	Nro de Serie/Clase
MAMB-24	Baño Termostático	VWR	No Indica	No Indica
MAMB-45	Estufa	MEMMER	T UFE 50	0 G510.1486
MAMB-46	Termohigrómetro Digital	BOECO	SH-110	No Indica
MAMB-69	Cámara Frigorífica	Nacional	FRIGORIFICO	0003630AM1911
MAMB-71	Balanza	Sartorius	CPA 225D	25701812

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2015

Tabla N° 8: Análisis del Laboratorio – Test ABA 2015

Parámetros	Unidad	Estaciones	
		R-1	R-2
pH - Pasta	Und. pH	8,16	8,21
Azufre como sulfato	%S	0,09	0,07
Azufre como sulfuro	%S	2,79	2,79
Azufre total	%S	2,88	2,86
Efervescencia	---	4	4
PN/PAM	---	2,48	2,46
Potencial de Acidez Máximo PAM	KgCaCO ₃ /t	87,19	87,19
Potencial de Neutralización PN	KgCaCO ₃ /t	215,9	214,6
Potencial Neto de Neutralización PNN	KgCaCO ₃ /t	128,7	127,4

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2015

Interpretación:

- El pH-Pasta de las muestras R-1 y R-2 son 8,16 y 8,21 debido a la alta cantidad de minerales consumidores de ácido que contiene.
- El grado de efervescencia de las muestras R-1 y R-2 es 4, lo que indica que las muestras tienen una alta concentración de minerales consumidores de ácido, predicción que se confirma con los altos Potenciales de Neutralización (215,86 y 214,61 kgCaCO₃/t respectivamente).
- La cantidad de Azufre como Sulfuro en las muestras R-1 y R-2 son altas (2,79%), concentraciones que pueden ocasionar drenaje

ácido, lo cual se observa en los valores altos de Potenciales de Acidez Máximo (87,19 kgCaCO₃/t).

- Los Potenciales Netos de Neutralización de las muestras R-1 y R-2 son mayores a 20 kgCaCO₃/t (128,67 y 127,42 kgCaCO₃/t respectivamente) y los Potenciales de Neutralización Ratio (PNR=PN/PAM) son mayores a 0 (2,48 y 2,46 respectivamente), lo que indica que las muestras son de potencial incierto de generación de ácido.

Tabla N° 9: Resultados del Laboratorio – Test NAG 2015

Parámetros	Unidad	Estaciones	
		R-1	R-2
Acidez NAG 4.5	Kg H ₂ SO ₄ /t	<0,05	<0,05
Acidez NAG 7	Kg H ₂ SO ₄ /t	<0,05	<0,05
pH NAG	Und. pH	8,06	8,17

Interpretación:

- La Medición del Acidez NAG 4.5 y NAG 7, dan como resultado de <0,05 de Kg H₂SO₄/t de relave.
- El pH-NAG de las muestras R-1 y R-2 son mayores a 4,5 (8,06 y 8,17 respectivamente), indicando que estas muestras no son generadoras de ácido, la cantidad de minerales consumidores de ácido es mayor a la cantidad de minerales generadores de ácido.

4.2.2. Potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca del año 2017.

Tabla N° 10: Ubicación de las estaciones de monitoreo 2017

Estación	Coordenadas	Altitud
	UTM*(m)	(msnm)
R-1	E 0340572	4 636
	N 8760261	
R-2	E 0340576	4 635
	N 8760239	

R=relave

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2017

Tabla N° 11: Métodos de Ensayo

Parámetros	Unidades	Normas
Azufre total	%S	ASTM E1915 - 11
Azufre como Sulfuro	%S	ASTM E1915 - 11
Azufre como Sulfato	%S	ISO 11048 Rev. 0 1995
Efervescencia	-	EPA 600/2-78-054(1978)
pH-pasta	Und. pH	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial de Acidez Máximo PAM	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial de Neutralización PN	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
Potencial Neto de Neutralización PNN	KgCaCO ₃ /t	EPA 600/2-78-054(1978)
PN/PAM	-	EPA 600/2-78-054 (1978)
Acidez NAG4.5	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009
Acidez NAG 7	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009
pH - NAG	KgH ₂ SO ₄ /t	MEND 1.20.1, 2009

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, "ASTM": American Society for Testing and Materials, ISO: International Organization for Standardization.

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2017

Tabla N° 12: Análisis del Laboratorio – Test ABA 2017

Parámetros	Unidad	Estaciones	
		R-1	R-2
pH - Pasta	Und. pH	8,2	8,3
Azufre como sulfato	%S	0,17	0,21
Azufre como sulfuro	%S	0,28	0,21
Azufre total	%S	0,45	0,42
Efervescencia	---	4	4
PN/PAM	---	50,29	63,83
Potencial de Acidez Máximo PAM	KgCaCO ₃ /t	8,75	6,56
Potencial de Neutralización PN	KgCaCO ₃ /t	440,0	418,8
Potencial Neto de Neutralización PNN	KgCaCO ₃ /t	431,3	412,3

Fuente: J. RAMON DEL PERU S.A.C. en el 2017

Interpretación:

- El pH-Pasta de las muestras R-1 y R-2 son 8,2 y 8,3 debido a la alta cantidad de minerales consumidores de ácido que contiene.
- En ambas estaciones se identifica que el grado de efervescencia es 4, lo que nos indicaría un grado fuerte de efervescencia.
- Cantidad de S en formato sulfuro para la estación R1 y R2 es bajo (0,28% y 0,21% respectivamente) lo que lleva a un Potencial de Acidez Máximo (8,75 y 6,56 kgCaCO₃/t respectivamente).
- La estación R1 presentan Potencial de Neutralización Ratio (PNR=PN/PAM) de 50,28 respectivamente. Mientras que el Potencial de Neto de Neutralización es de 431,3 KgCaCO₃/t, por

lo cual se considera que la muestra es Bajo o nulo potencial de Generación de ácido.

- La estación R2 presentan Potencial de Neutralización Ratio (PNR=PN/PAM) de 63,84 respectivamente. Mientras que el Potencial de Neto de Neutralización es de 412,3 KgCaCO₃/t, por lo cual se considera que la muestra es Bajo o nulo potencial para que se genere ácido.

Tabla N° 13: Resultados del Laboratorio – Test NAG 2017

Parámetros	Unidad	Estaciones	
		R-1	R-2
Acidez NAG 4.5	Kg H ₂ SO ₄ /t	<0,05	<0,05
Acidez NAG 7	Kg H ₂ SO ₄ /t	<0,05	<0,05
pH NAG	Und. pH	8,1	8,2

Interpretación:

- La Medición del Acidez NAG 4.5 y NAG 7, dan como resultado de <0,05 de Kg H₂SO₄/t de relave.
- El pH-NAG de las muestras R-1 y R-2 son mayores a 4,5 (8,06 y 8,17), indicando que estas muestras no generan ácido, resultados que corroboran los del test ABA.

4.2.3. Relación de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017

a. Criterio de interpretación del PNN y PN/PAM

En el Test ABA determina entonces el PNN y el PN/PAM (PNR), estos índices interpretativos son empleados para clasificar una muestra, a través de los criterios establecidos en la siguiente tabla.

Tabla N° 14: *Criterio para interpretar PNN y PN/PAM*

Criterio de Interpretación	Potencial para generar Acidez	Riesgo Ambiental	Color
PNN (kgCaCO ₃ /t) > 20 y PN/PAM > 3	Bajo o nulo potencial de Generación de ácido	Riesgo ambiental bajo	Verde
0 < PNN (kgCaCO ₃ /t) < 20 y 1 < PN/PAM < 3	Potencial Incierto de Generación de ácido	Riesgo ambiental medio	Amarillo
PNN (kgCaCO ₃ /t) < 0 y PN/PAM < 1	Alto potencial de Generación de ácido	Riesgo ambiental Alto	Rojo

Fuente: Modificado de Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas del Criterio de Interpretación y Potencial para generar Acidez.

Resultados del PNN y PN/PAM para identificar el nivel de la evaluación ambiental en relaveras de la Compañía Minera Alparmarca.

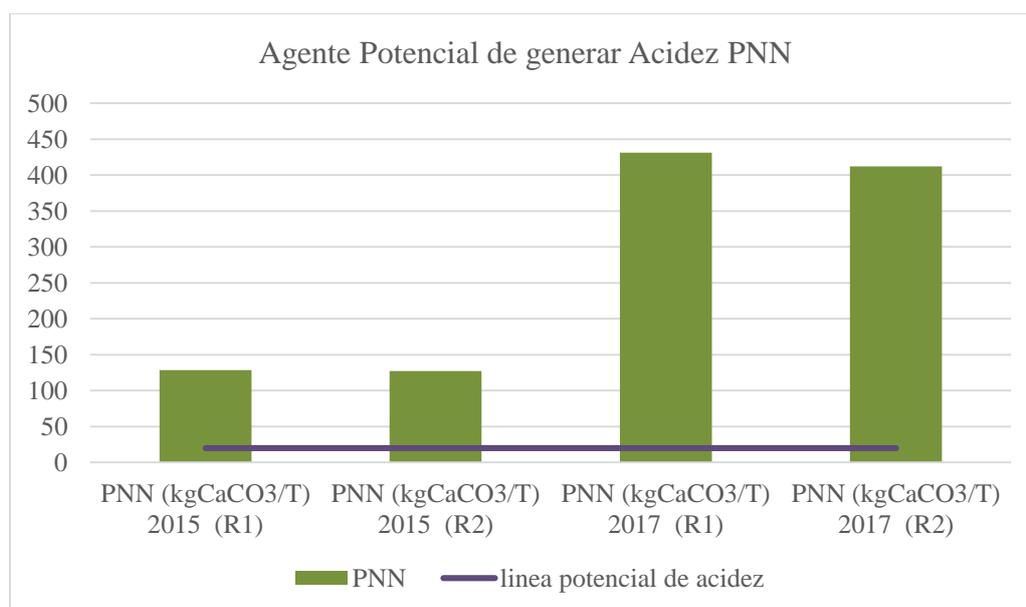
Tabla N° 15: *Interpretar PNN y PN/PAM de los relaves mineros*

Agentes Potenciales de generar Acidez	Valores	Riesgo Ambiental	Color
PNN (kgCaCO ₃ /t) 2015 (R1)	128,7	Riesgo ambiental bajo	Verde
PNN (kgCaCO ₃ /t) 2015 (R2)	127,4	Riesgo ambiental bajo	Verde

PNN (kgCaCO ₃ /t) 2017 (R1)	431,3	Riesgo ambiental bajo	Verde
PNN (kgCaCO ₃ /t) 2017 (R2)	412,3	Riesgo ambiental bajo	Verde
PN/PAM 2015 (R1)	2,48	Riesgo ambiental medio	Amarillo
PN/PAM 2015 (R2)	2,46	Riesgo ambiental medio	Amarillo
PN/PAM 2017 (R1)	50,29	Riesgo ambiental medio	Verde
PN/PAM 2017 (R2)	63,83	Riesgo ambiental medio	Verde

Fuente: propio

Figura N° 3: Agente Potencial de generar Acidez PNN



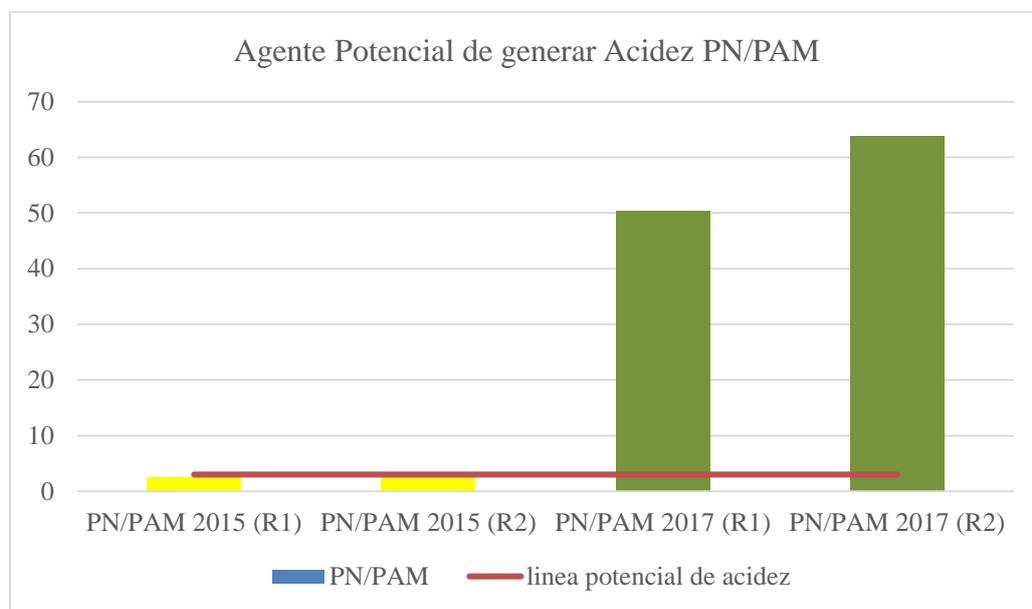
Fuente: Propia

Interpretación:

- Los valores del 2017 son 431.3 y 412.3 kgCaCO₃/t mostrando que las condiciones son aptos para el almacenamiento de los relaves mineros, que son de mayor concentración que los valores del

2015 que son 128.7 y 127.4 kgCaCO₃/t, aumentando en esos dos años el 320% en sus concentraciones. En cual se transforma dentro de condiciones adecuadas para que se desarrolle esta actividad, pero fuera de la interacción den la fauna silvestre del lugar.

Figura N° 4 : Agente Potencial de generar Acidez PN/PAM



Fuente: Propia

Interpretación:

- Los valores del 2017 son 50,29 y 63,83 superiores al valor 3 que indica al Bajo o nulo potencial que se genera de ácido a diferencia del 2015 que presenta 2.48 y 2.46 que muestra por debajo de 3 que involucra un Potencial Incierto de Generación de ácido.

b. pH NAG

Permite determinar cuantitativamente las condiciones de acidez que tiene el material después de las reacciones simultaneas de

oxidación de minerales sulfurados y neutralización de minerales consumidores de ácido por peróxido de Hidrogeno. Criterio para clasificar una muestra como Generadora de Ácido a partir del Test NAG.

Tabla N° 16: *Criterio para interpretar pH final NAG y NAG 4.5*

pH final NAG	Acidez NAG 4.5 (KgH₂SO₄/t)	Clasificación Geoquímica	Riesgo Ambiental	Color
> 4.5	0	No es generador de acido	Riesgo ambiental bajo	Verde
<4.5	<5	Bajo riesgo de generar de acido	Riesgo ambiental medio	Amarillo
<4.5	>5	alto riesgo de generar de acido	Riesgo ambiental Alto	Rojo

Fuente: Modificado de Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas del Criterio de Interpretación y Potencial para generar Acidez.

Resultados del **pH NAG** para identificar el nivel de la evaluación ambiental en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca.

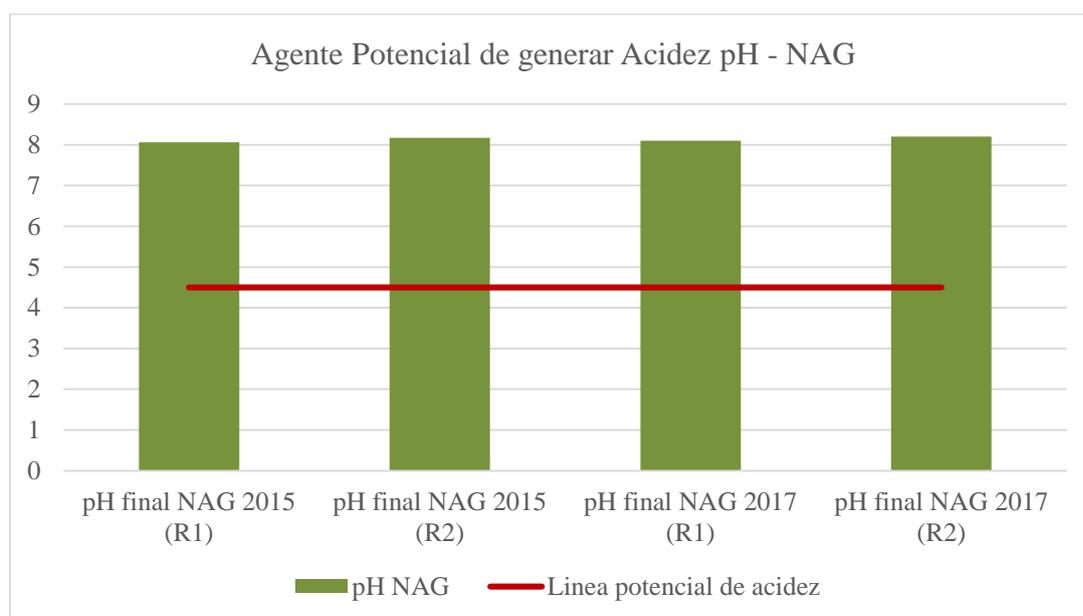
Tabla N° 17: *Interpretar PNN y PN/PAM de los relaves mineros*

Agentes Potenciales de generar Acidez	Valores	Riesgo Ambiental	Color
pH final NAG 2015 (R1)	8.06	Riesgo ambiental bajo	Verde
pH final NAG 2015 (R2)	8.17	Riesgo ambiental bajo	Verde
pH final NAG 2017 (R1)	8.1	Riesgo ambiental bajo	Verde

pH final NAG 2017 (R2)	8.2	Riesgo ambiental bajo	Verde
Acidez NAG 4.5 2015 (R1)	<0.05	Riesgo ambiental medio	Amarillo
Acidez NAG 4.5 2015 (R2)	<0.05	Riesgo ambiental medio	Amarillo
Acidez NAG 4.5 2017 (R1)	<0.05	Riesgo ambiental medio	Amarillo
Acidez NAG 4.5 2017 (R2)	<0.05	Riesgo ambiental medio	Amarillo

Fuente: propio

Figura N° 5: *Agente Potencial de generar Acidez pH-NAG*

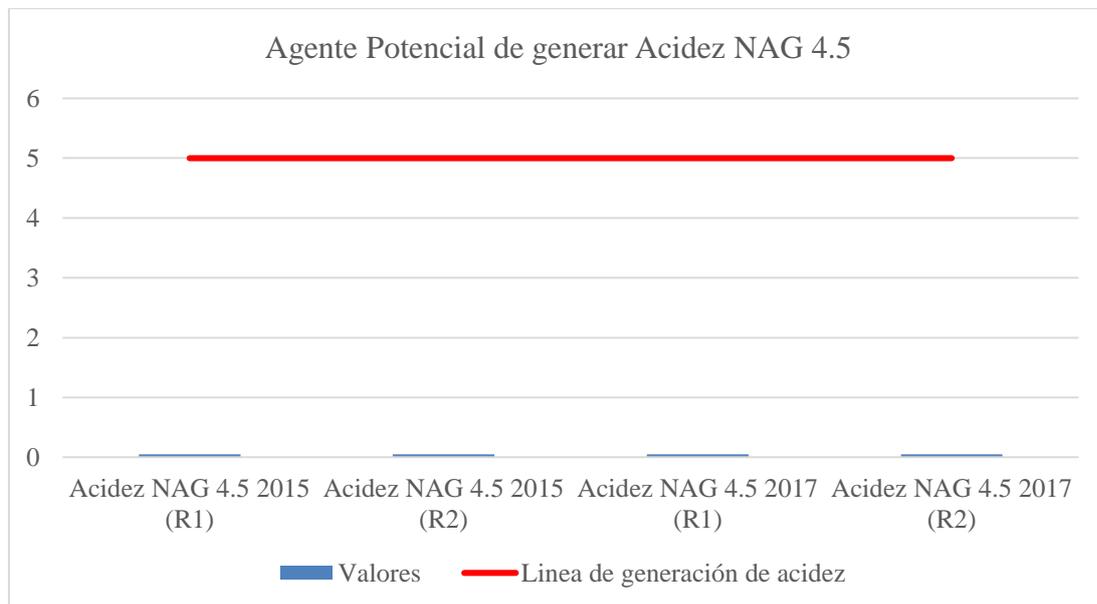


Fuente: Propia

Interpretación:

- De los años 2017 los valores del pH NAG son de 8.1 y 8.2 y de los años 2015 los valores del pH NAG representa 8.06 y 8.17, Representando la neutralidad de esta materia (relave).

Figura N° 6: *Agente Potencial de generar Acidez NAG 4.5*



Fuente: Propia

Interpretación:

- Todos los resultados como el año 2017 y 2015 salieron <0.05 tendiendo a cero, por lo que lo se clasifica como Riesgo ambiental medio. Representando un hecho simbólico para la prevención ambiental, durante el desarrollo de la actividad.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis General

Hipótesis General Alternativa: Los niveles de la evaluación ambiental **SE** caracterizan con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

Hipótesis General Nula: Los niveles de la evaluación ambiental **NO SE** caracterizan con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

Se toma la Hipótesis General Alternativa por lo que si tiene efectos poner niveles en la evaluación ambiental con la caracterización de la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de Estos años 2015 y 2017 para los Inicios correspondiente a la protección Ambiental, correspondientes al Artículo 73°:- Del manejo ambiental de los depósitos de almacenamiento, del D.S N.º 040 – 2014 – EM.

4.3.2. Hipótesis Específico

Hipótesis Específico Alternativo 01. Las características de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido **SON** simbólicos en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C

Hipótesis Específico Nulo 01. Las características de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido **NO SON** simbólicos en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C

Por los resultados obtenidos en el punto 4.2.3. se escoge la Hipótesis Especifica Alternativa 01. Por lo que podemos decir que si son simbólicos la evaluación ambiental en relaves.

Hipótesis Específico Alternativo 02. EXISTE relación directa entre la evaluación ambiental y la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpacamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

Hipótesis Especifico Nula 02. NO EXISTE relación directa entre la evaluación ambiental y la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

Por los resultados obtenidos en el punto 4.2.1. y 4.2.2. se escoge la Hipótesis Especifica Alternativa 02. Por lo que podemos decir existe relación directa entre la evaluación ambiental y la potencialidad de generación de drenaje ácido.

4.4. Discusión de resultados

Establecidos la prueba de hipótesis, con ello poder determinar la hipótesis alternativa planteada fue valida por las interpretaciones, con ello su resultado favorable y su relación entre las variables basada a las dimensiones, se considera importante en la evaluación Ambiental.

Por ello se ha tomado como estudios considerados de lo que menciona Martínez Ramírez, 2019; haciendo predictivo de los DAM mas comun utilizando en la industria minera, adicionando con el analisis mineralógicos, texturales y químicos realizados a muestras de relaves mineros, pero en su defecto en el contexto geo minero – metalúrgicos que vise prevenir la generación de acidez.

Dejando el claro de los puntos estudiado de Angélica Haydee Cervantes Macedo con el estudio de Caracterización del Drenaje Ácido y de las Rocas Asociadas a una Mina para Evaluar su Posible Aplicación en un Sistema de Tratamiento Pasivo, y SERGIO LI LIN con su estudio de Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización 2013, Esto

muestra los niveles de la evaluación ambiental se caracterizan con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras.

En su defecto simbólico, los resultados son de Riesgo Ambiental bajo y Riesgo Ambiental Medio, poniendo a detallar que estos relaves están siendo tratados de forma simbólicos para que no represente un riesgo ambiental Alto, ya que son residuos de la actividad minera.

Por lo posterior a estos, la existencia de la relación directa es mencionada por LI LIN, 2013, como lo define en sus hallazgos de la metodología que simplifique el proceso por lo cual involucra a su evaluación, a esto la solución y la neutralización a la problemática del producto de la generación de acidez de los relaves.

CONCLUSIONES

La característica de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido (Conocido como el test ABA y test NAG) en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. fueron representados con los valores de verde y amarillo, considerándolo como riesgo ambiental bajo y riesgo ambiental medio.

Su relación en la evaluación ambiental involucra condiciones en la actividad minera, de sus residuos finales en sus parámetros de la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras.

Los niveles de la evaluación ambiental son para la prevención característicos como la necesidad de mitigar el riesgo provocado.

- Que cualquier material neutralizante tiende a consumirse de forma completa, liberándose el CO₂.
- Cualquier alcalinidad determinada como NP se encuentra disponible para que neutralice la acidez.

RECOMENDACIONES

Si es involucrado como resultado la caracterización de la evaluación ambiental en un riesgo ambiental rojo es de preferible en utilizar la RM N° 085-2014-MINAM “Guía para Muestreo de Suelos. Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos”. En las áreas aledañas de las relaveras del campamento minero.

Considera los niveles de acidez de los agentes básicos para el control de los impactos generados frente a su relación de la evaluación ambiental.

Se recomienda tener en cuenta rangos de reacción de materiales alcalinos, para poder garantizar las reacciones ácido – base por lo cual se define la evaluación ambiental en los relaves mineros en forma dinámica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduvire, O. (2006). *DRENAJE ACIDO DE MINA GENERACIÓN Y TRATAMIENTO*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Bahamondes, C. (2012). *Importancia de la actividad microbiológica en la predicción del drenaje ácido de minas*. . Universidad de Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.
- Bahamóndez Honores, C. I. (2012). *Importancia De La Actividad Microbiológica En La Predicción Del Drenaje Ácido De Minas*. Chile: Universidad de Chile.
- Bayliss, P. (1989). *Crystal chemistry and crystallography of some minerals within the pyrite group*. *American Mineralogist*, v. 74, p.1168-1176.
- Cervantes Macedo , A. H. (2014). *Caracterización del Drenaje Ácido y de las Rocas Asociadas a una Mina para Evaluar su Posible Aplicación en un Sistema de Tratamiento Pasivo*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.
- Chandra, A. y. (2010.). *The mechanisms of pyrite oxidation and leaching: A fundamental perspective*. *Surface Science Reports*, v. 65 (9), p. 293-315.
- Chávez Contreras, R. M. (2018). *Evaluación Geoquímica e Identificación de Drenaje Ácido de Roca de los Desmontes, Mineral y Pared de Tajo de la Uea - Cerro de Pasco Compañía Volcan*. cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- Dold, B. (2017). *Acid rock drainage prediction: A critical review*. Luleå, Sweden: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 172, p. 120–132.
- Engels, J. (2006). *An expert management system for surface tailings storage*. University of Leeds.
- Environment Australia. (1997). *Managing sulphidic mine wastes and acid drainage*. Australia: Best Practice Environmental Management in Mining.
- Fey, D. L. (2003). *Acid-Base Accounting*. *Billings Symposium/ASMR Annual meeting, assessing the Toxicity Potential on Mine-Waste piles Workshop*, p. 34.
- García Cárdenas , S. A. (2013). *Modelación Del Potencial De Drenaje Ácido De Botaderos -Chile 2013*. santiago de chile: UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Gbor, P., & Jia, C. (2004). *Critical evaluation of coupling particle size distribution with the shrinking core model*, *Chemical Engineering Science, Volume 59, Issue 10*.
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta edición)*. Mexico: McGraw-Hill.

- Jenkins, D. J. (2000). *Mynydd Parys Cu-Pb-Zn mines: mineralogy, microbiology and acid mine drainage*. *Mineralogy Society*, v. 9, p. 161-179.
- LI LIN, S. (2013). *Medición del Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus Necesidades de Neutralización*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Martínez Ramírez, P. (2019). *Protocolo de Caracterización para la Predicción de Drenaje Ácido en Depósitos de Relaves Mineros*. España: Universidad Internacional de Andalucía.
- McLemore, V., Fakhimi, A., Zyl, D., Ayakwah, G., Anim, K., K., B., . . . y Viterbo, V. (2009). *LITERATURE REVIEW OF OTHER ROCK PILES: CHARACTERIZATION, WEATHERING, AND STABILITY*. Socorro: New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Socorro, NM, United States.
- MINAM. (15 de octubre de 2005). LEY 28611. *NORMAS LEGALES* , pág. 302291. Obtenido de <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- MINEM. (12 de NOVIEMBRE de 2014). DECRETO SUPREMO N° 040 - 2014 - EM. *NORMAS LEGALES*, pág. 537432.
- MINEM. (04 de Febrero de 2022). *D. S. N° 016-93-EM*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=4755
- Ministerio de Minas y Energía. (2003). *Glosario Técnico Minero*. Bogotá.
- Nordstrom, D. (2011). *Hydrogeochemical processes governing the origin, transport and fate of major and trace elements from mine wastes and mineralized rock to surface waters*. *Applied Geochemistry*,.
- PALMA HUILLCA, G. A. (2018). *Evaluación del funcionamiento de un biorreactor pasivo utilizando bacterias sulfato-reductoras para el tratamiento de drenajes ácidos de Mina*. AREQUIPA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Real Academia Española. (2022). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/relave>
- Reed, M. H. (1997). *Hydrothermal Mineral Deposits: What we do and don't know. Chapter 1. In: Geochemistry of hydrothermal ore deposit. Third Edition. Ed. H. L. Barnes. 303- 358*. H. L. Barnes.
- Rickard, D. (2015). *Pyrite: A Natural History of Fool's Gold*. 297 pp. Oxford University Press.

Southern copper. (04 de Febrero de 2022). *southernperu*. Obtenido de <https://www.southernperu.com/ESP/Pages/default.aspx>

Wakeman, K. A. (2008). *Microbiological and geochemical dynamics in simulate heap leaching of a polymetallic sulfide ore*. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 101, p. 739-750.

Wikipedia. (02 de Febrero de 2022). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Evaluaci%C3%B3n_ambiental

wikipedia. (02 de febrero de 2022). *wikipedia relave*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Relave>

ANEXOS

Anexo 01: Instrumentos de Recolección de datos

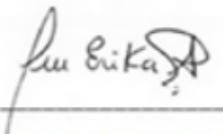
INFORME DE ENSAYO N° MA15060535

Cod. Cliente	R-1	R-2		
Descripción	A 50 m. del dique de la Relavera Apamarca	A 100 m. del dique de la Relavera Apamarca		
Cod. Lab.	1512537	1512538		
Tipo de Producto	Suelo; relave	Suelo; relave		
Fecha de Muestreo	13/06/2015	13/06/2015		
Hora de Muestreo	15:30	15:45		
Cadena de Custodia	31970	31970		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
Acidez NAG 4.5	KgH ₂ SO ₄ /T	0,05	<0,05	<0,05
Acidez NAG 7	KgH ₂ SO ₄ /T	0,05	<0,05	<0,05
pH - pasta	Und. pH	N.A.	8,16	8,21
Azufre como sulfato	%S	0,01	0,09	0,07
Azufre como sulfuro	%S	0,01	2,79	2,79
Azufre total	%S	0,01	2,88	2,86
Efervescencia	---	N.A.	4	4
pH - NAG	Und. pH	N.A.	8,06	8,17
PN/PAM	---	N.A.	2,48	2,46
Potencial de acidez máximo	KgCaCO ₃ /T	N.A.	87,19	87,19
Potencial de neutralización	KgCaCO ₃ /T	N.A.	215,9	214,6
Potencial neto de neutralización	KgCaCO ₃ /T	N.A.	128,7	127,4

Legenda: L.D = Limite de detección N.A. = No aplica

Tiempo de Perecibilidad de Muestras
PN,PNN : 7 días

Lurin, 25 de Junio del 2015


Erika Aliaga Ibarra
 Supervisor de Laboratorio
 CIP 100391



Oficina: Av. Paseo de la República 3780, San Isidro
 Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcelas 3-4,5 Lurin
 Central: +51 1 5133399
 E-mail: yamon@yamoncorp.com

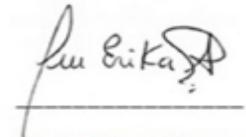
INFORME DE ENSAYO N° MA17090114

	Cod. Cliente	R1	R2
	Cod. Lab.	MA17090114.01	MA17090114.02
	Tipo de Producto	Suelo; relave	Suelo; relave
	Fecha de Muestreo	06/09/2017	06/09/2017
	Hora de Muestreo	15:10	15:20
	Cadena de Custodia	45376	45376
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
Acidez NAG 4.5	KgH ₂ SO ₄ /T	0,05	<-0,05
Acidez NAG 7	KgH ₂ SO ₄ /T	0,05	<-0,05
Azufre como Sulfato	%S	0,01	0,17
Azufre como Sulfuro	%S	0,01	0,26
Azufre total	%S	0,01	0,45
Efervescencia	—	N.A.	4
pH - NAG	Und. pH	N.A.	8,1
pH - Pasta	Und. pH	N.A.	8,2
PN/PAM	—	N.A.	50,29
Potencial de Acidez Máximo	KgCaCO ₃ /T	N.A.	8,75
Potencial de Neutralización	KgCaCO ₃ /T	N.A.	440,0
Potencial Neto de Neutralización	KgCaCO ₃ /T	N.A.	431,3

Leyenda: L.D = Limite de detección PB = Peso Seco r = Resolución N.A. = No aplica

Tiempo de Perecibilidad de Muestras
PN, PNN : 7días

Lurin, 19 de Septiembre del 2017



Erika Aliaga Ibarra
Supervisor de Laboratorio
CIP 100391



Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Geneviva, Parcelas 3-4,5 Lurin
Central: +51 1 5133399
E-mail: jramon@jramoncorp.com

Anexo 02: Validación de instrumentos por juicio de expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del informe : Harry Joel LOPEZ HEREÑA
- 1.2. Grado Académico: Maestro en Gestión del Sistema Ambiental
- 1.3. Cargo e institución donde labora: Supervisor SSOMA-HAMA PERÚ
- 1.4. Título de Investigación: "Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017"
- 1.5. Autor del Instrumento: Jhampier Richard SOLIS ALMERCO
- 1.6. Nombre del Instrumento:
 - Informe de ensayo N°MA15060535
 - Informe de ensayo N°MA17090114

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observadas					X
ACTUALIDAD	Acorde al avance de la ciencia y tecnología					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos- científicos				X	
COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN : 96 %

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Los instrumentos que se muestra en el presente investigación evidencia claramente los resultados del ensayo estático . Siendo estos datos acreditados por el laboratorio que lo analizo.

Cerro de Pasco, 05 de diciembre del 2022	43526694	 Ing. Harry López Hereña CIP. 186348	969131488
Lugar y Fecha	N° DNI	Firma de Experto	N° Celular

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

"Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpacamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017"

INVESTIGADOR:

Jhampier Richard SOLIS ALMERCÓ

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			2							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				2						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							2			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								2		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico									2	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Percy RIVERA TIZA

TÍTULO PROFESIONAL/ GRADO ACADÉMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: INGENIERO AMBIENTAL

CARGO U OCUPACIÓN: SUPERVISOR DE MEDIO AMBIENTE- ACTIVOS MINEROS S.A.C.

Pasco, 05 de diciembre del 2022



 FIRMA
 DNI N° 45727363

Puntaje total= TOTALES/20

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del informe** : Julio Antonio ASTO LIÑAN
- 1.2. **Grado Académico**: Maestro en Ingeniería Química
- 1.3. **Cargo e institución donde labora**: Docente de la E.F.P. Ingeniería Ambiental
- 1.4. **Título de Investigación**: "Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017"
- 1.5. **Autor del Instrumento**: Jhampier Richard SOLIS ALMERCO
- 1.6. **Nombre del Instrumento**:
 - Informe de ensayo N°MA15060535
 - Informe de ensayo N°MA17090114

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje apropiado y formulas exactas					x
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observadas				x	
ACTUALIDAD	Acorde al avance de la ciencia y tecnología					x
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					x
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					x
INTENCIONALIDAD	Adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					x
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos- científicos					x
COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables				x	
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación					x
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					x

III. **PROMEDIO DE VALIDACIÓN** : 96%

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

- Se realiza un estudio donde se ve la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. de los años 2015 y 2017"

Cerro de Pasco, 06 de diciembre del 2022	18203025		946224026
Lugar y Fecha	N° DNI	Firma de Experto	N° Celular

Anexo 03: Matriz de consistencia

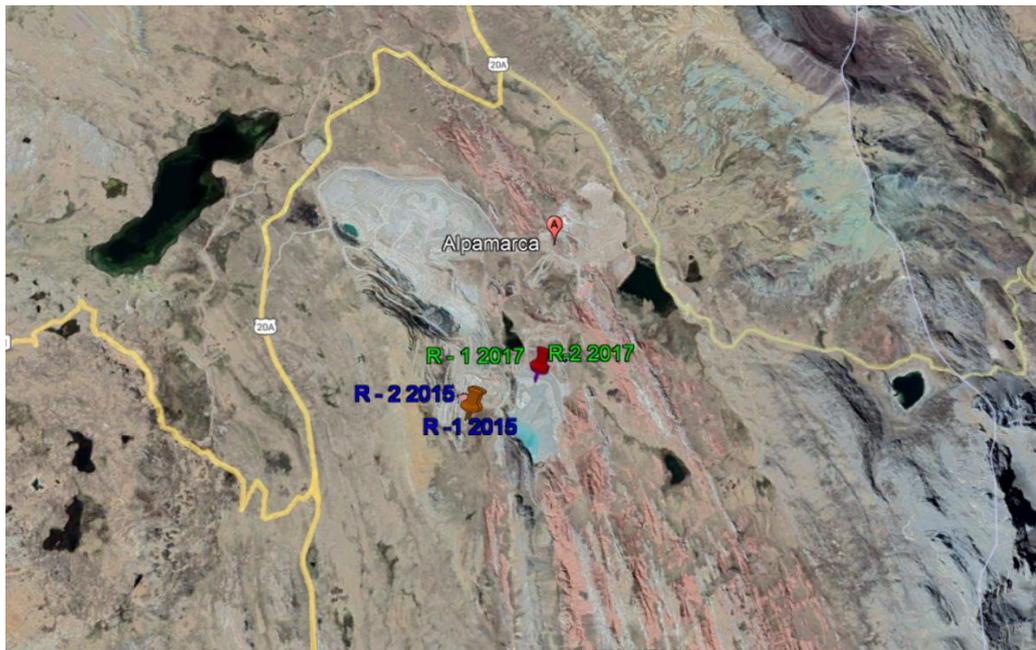
Titulado: Evaluación Ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables
¿Cuáles son los niveles de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017?	Identificar los niveles de la evaluación ambiental mediante la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017	Los niveles de la evaluación ambiental se caracterizan con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la compañía minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017	Variable dependiente Evaluación Ambiental en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable independiente
¿Cuál es la característica de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C.?	Identificar la característica de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C	Las características de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido son simbólicos en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C	Potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C.
¿Cuál es la relación de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017?	Determinar la relación de la evaluación ambiental con la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C del año 2015 y 2017.	Existe relación directa entre la evaluación ambiental y la potencialidad de generación de drenaje ácido en relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017.	Variable interviniente Relaveras de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C. del año 2015 y 2017

Anexo 04: Vista Satelital de las muestras de los relaves de la actividad Minera



Anexo 05: *Ubicación de la zona minera y las muestras de los relaves mineros.*



Anexo 06: *Relave de la Compañía Minera Alparamarca S.A.C.*



Anexo 07: *Servicios, infraestructura básica y actividades principales Compañía Minera Alpamarca S.A.C.*

