

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha,  
mediante neutralización del pH, Pasco – Perú**

**Para optar el Título Profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autores: Bach. David Wenceslao CARHUAZ SILVESTRE**

**Asesor: Dr. Rommel Luis LÓPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco - Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha,  
mediante neutralización del pH, Pasco – Perú**

**Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:**

-----  
Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA

PRESIDENTE

-----  
Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA

MIEMBRO

-----  
Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de suficiencia profesional dedico al Divino Redentor, a mis padres Jorge Carhuaz Mauricio y Jovita Silvestre Vicente, a mis hermanos Rubén, Jaime, Jorge y Edwin, a mi esposa, Hijos Cynthia y Davis, por su paciencia y permitirme realizar estos trabajos académicos personales y no poderles atender con mi tiempo a ellos. Asimismo, dedico a mis maestros de la Universidad Alas Peruanas y maestros de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco

## RESUMEN

La Planta de Tratamiento de Neutralización de aguas ácidas de la relavera Quiulacocha de la empresa estatal Activos Mineros S.A.C. tiene como objetivo tratar las aguas ácidas de la relavera Quiulacocha, que viene a ser drenaje de los relaves de la relavera Quiulacocha y drenaje de la desmontera Excelsior, para el cual contrata a Empresas Especializadas para la operación de la Planta de tratamiento. La relavera Quiulacocha es un Pasivo ambiental minero generado por una serie de empresas que explotaron los minerales en los alrededores de los años 1630 al 2002.

El problema de las aguas de la relavera Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar-Región Pasco. Presenta un pH muy alto entre 2.00 - 3.00, en estas condiciones no puede ser descargado a un cuerpo receptor, por lo tanto, surge la necesidad de reducir el pH, en el tratamiento solo se llegará hasta un rango de 9.00 - 9.50, para su derivación a la relavera Ocroyoc.

El objetivo del tratamiento es neutralizar estas aguas ácidas de un pH 2.00 – 3.00 hasta 9.00 – 9.50 y disponer a la relavera Ocroyoc de Empresa Administradora Cerro SAC. en el presente trabajo de suficiencia profesional, se mencionan los conceptos y definiciones del tratamiento como fundamento científico, luego se mencionan los equipos y/o infraestructuras principales de la Planta, la descripción de operación del Sistema de Tratamiento, finalmente los resultados, conclusiones y sugerencias de mejora, para las consideraciones en los próximos meses y años futuros. Con la finalidad de optimizar la eficiencia de la Planta y posteriormente nos sirva como piloto, para realizar los tratamientos de aguas ácidas de otros pasivos ambientales que existe en el Perú.

**Palabras clave:** Aguas ácidas, Relavera, Pasco.

## ABSTRACT

The Acid Water Neutralization Treatment Plant of the Quiulacocha tailings dam of the state-owned company Activos Mineros S.A.C. Its objective is to treat the acidic waters of the Quiulacocha tailings dam, which is the drainage of the tailings of the Quiulacocha tailings dam and the drainage of the Excelsior quarry, for which it contracts Specialized Companies for the operation of the Treatment Plant. The Quiulacocha tailings dam is a mining environmental liability generated by a series of companies that exploited the minerals around the years 1630 to 2002.

The problem of the waters of the Quiulacocha tailings dam, district of Simón Bolívar- Pasco Region. It presents a very high pH between 2.00 - 3.00, in these conditions it cannot be discharged to a receptor body, therefore, the need arises to reduce the pH, in the treatment it will only reach a range of 9.00-9.50, for its diversion to the Ocroyoc tailings dam.

The objective of the treatment is to neutralize these acidic waters from a pH of 2.00 – 3.00 to 9.00 – 9.50 and dispose of the Ocroyoc tailings dam of Empresa Administradora Cerro SAC. In the present work of professional proficiency, the concepts and definitions of the treatment are mentioned as a scientific basis, then the equipment and/or main infrastructures of the Plant are mentioned, the description of the operation of the Treatment System, finally the results, conclusions and suggestions, for improvement, for consideration in the coming months and years to come. In order to optimize the efficiency of the Plant and later serve as a pilot, to carry out the acid water treatments of other environmental liabilities that exist in Peru.

**Keywords:** Acid waters, Tailings, Pasco.

## INTRODUCCIÓN

Como es de conocimiento, desde la época pre inca en el Perú se vienen haciendo minería hasta la actualidad, muchas veces de una forma irresponsable, ilegal, artesanal e informal, a esto se suma la minería formal que también dejan grandes pasivos ambientales, mediante residuos mineros, como los relaves, con impactos negativos que generan daños al ecosistema como es en la capital minera del Perú Cerro de Pasco.

En estas circunstancias surge la necesidad de buscar una solución a la misma, en ese contexto se plantea seleccionar tipos, técnicas y métodos de tratamiento de las aguas ácidas y lo que busca esta investigación es reducir el nivel de acidez, para que no causen impactos en los ecosistemas.

La Planta de Tratamiento de Neutralización de Aguas Ácidas de la relavera Quiulacocha, está ubicado a 1.2 Km al suroeste de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco y limítrofes con la Comunidad Urbana de Champamarca y Comunidad Campesina de Quiulacocha.

Es de propiedad de la empresa estatal Activos Mineros SAC, con la finalidad de neutralizar las aguas ácidas de la relavera Quiulacocha. Esta planta trabaja de manera ininterrumpida las 24 horas, neutralizando las aguas ácidas de la relavera Quiulacocha, cuyo pH inicial oscila entre 2.00 – 3.00, hasta alcanzar un valor de pH entre 9.00 – 9.50, para bombear la pulpa generada hacia la planta de tratamiento de aguas Ocroyoc y/o relavera Ocroyoc de la Empresa Administradora de Cerro SAC.

El insumo utilizado para la neutralización de las aguas ácidas es el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en estado sólido, la presentación es en sacos big bag de 750 Kg. Se diluye con agua limpia (neutra), para formar lechada de cal con una concentración entre 10 al 15% P/V, con el objetivo de lograr un pH entre 9.00 a 9.50 en la etapa de neutralización.

# ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**INDICE**

## **I. DATOS GENERALES**

- 1.1. TÍTULO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL..... 1
- 1.2. DELIMITACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL..... 1
- 1.3. FECHA DE INICIO Y FECHA DE TÉRMINO ..... 1

## **II. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO**

- 2.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ..... 3
- 2.2. JUSTIFICACIÓN..... 3
- 2.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ..... 3

## **III. MARCO TEORICO**

- 3.1. ANTECEDENTES ..... 5
- 3.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS ..... 12
- 3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS ..... 19

## **IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA**

- 4.1. INTERVENCIÓN ..... 33
- 4.2. PROGRAMACIÓN ESPECIFICA ..... 51
- 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS ..... 77

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**ANEXOS**



## **I. Datos Generales**

### **1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional**

Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha, mediante neutralización del pH, Pasco – Perú

### **1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional**

El espacio físico para el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional será la Planta de neutralización de aguas ácidas del pasivo ambiental minero de la relavera Quiulacocha, ubicado en el centro poblado de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia, departamento y región Pasco. Esta planta de neutralización pertenece a la Empresa Activos Mineros S.A.C, operado por la empresa especializada GRUPO MITRACON SAC, ubicado en las coordenadas UTM 8 817 130 norte, 359 515 este, zona 18L, altitud 4 300 msnm.

### **1.3. Fecha de inicio y Fecha de término**

El trabajo de suficiencia profesional fué desarrollado en el periodo del 22.04.2020 al 06.07.2020. Porque encuadra en el tiempo del contrato de trabajo, especialmente en tratamiento de aguas ácidas de los pasivos ambientales mineros, solo en la etapa de neutralización, con el objetivo de neutralizar de 2.00 – 3.00 pH hasta 9.00 - 9.50 pH, y se hizo el seguimiento exclusivo de 01 mes. El objetivo del trabajo de suficiencia profesional es

aportar a la mejora continua de la actual tecnología de tratamiento de aguas acidas en la fase neutralización con experiencia y versión peruana.

## **II. Planificación del Trabajo**

### **2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional**

Neutralizar las aguas ácidas de la relavera Quiulacocha utilizando como insumo el hidróxido de calcio hasta alcanzar un pH constante entre 9.0 a 9.5, para luego ser bombeadas hacia la planta de tratamiento de Ocroyoc y/o relavera Ocroyoc de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

### **2.2. Justificación**

La justificación del presente trabajo de suficiencia profesional es para recomendar las mejoras en infraestructuras y procedimientos, como aporte para la solución al problema general y obtener un producto final, agua neutralizada con un pH en el rango de 9.00 – 9.50 de manera constante y continua, de acuerdo a los términos de referencia de Activos Mineros S.A.C, incidiendo en la solución de los problemas específicos, con más controles de campo como el pH, calidad y peso de la cal hidratada y con la infraestructura de tener tanques adicionales para una mezcla homogénea.

### **2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional**

#### **2.3.1. Objetivo General**

Obtener el producto agua neutralizada entre pH 9.00 - 9.50, en la planta de tratamiento de neutralización de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco.

#### **2.3.2. Objetivos específicos**

- a) Medir el pH del agua ácida con frecuencia diaria, en la planta de tratamiento de neutralización de aguas ácidas, de la relavera Quiulacocha.
- b) Conocer la calidad de la cal hidratada y peso de los big bags, en la planta de tratamiento de neutralización de aguas ácidas, de la relavera Quiulacocha.
- c) Mantener una mezcla homogénea, en el tanque 1 de neutralización, donde la salida de la mezcla sea por la parte inferior, en la planta de tratamiento de neutralización de aguas ácidas, de la relavera Quiulacocha.

### **III. Marco Teórico**

#### **3.1. Antecedentes**

##### **3.1.1. Antecedentes del trabajo de suficiencia profesional**

El tratamiento de aguas ácidas por neutralización del pH, se viene realizando desde el año 2016 hasta la fecha, en la Planta de aguas ácidas del pasivo ambiental minero RELAVERA QUIULAOCHA, cada vez mejorando de acuerdo a las posibilidades técnicas y económicas. En esta ocasión en mi calidad de JEFE DE GUARDIA por ser Ingeniero Metalurgista y Bachiller en Ingeniería Ambiental, hago un trabajo de investigación basado en seguimiento y control de la operación y calidad de las aguas de bajar la acidez de pH 2.00 – 3.00 a 9.00 – 9.50, de acuerdo al término de referencia de AMSAC. Con la finalidad de que sirva la información para una tesis o trabajo de suficiencia profesional en Ingeniería Ambiental y de paso contribuir a la empresa especializada y AMSAC como aporte para la mejora continua.

Trabajos similares hay muy pocas, debido a que esta actividad es un caso especial, por tratarse de un tratamiento de acidas solo por neutralización del pH, solo en la etapa de neutralización. Puedo citar algunas investigaciones por haberse realizado dentro del área geográfica de investigación, trabajo de tesis “Evaluación de la estabilidad geoquímica de relaves sulfurados de Quiulacocha mediante el uso de cobertura biológica en medios no saturados con riego de efluentes

domésticos a escala piloto - AMSAC-2018” (Robles, Amparo, 2019, repositorio UNDAC).

### **3.1.2. Marco legal**

#### **a) Constitución Política del Perú 1993**

Artículo 2º inciso 22, indica el derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. En su Artículo N° 67, indica que el estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. También en su Artículo 194º indica que las municipalidades en su condición de gobierno local gozan de autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia y en el Artículo 195º inciso 5 y 8, establecen competencias de las municipalidades para organizar, reglamentar y administrar los servicios públicos locales de su responsabilidad así mismo desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia ambiental y sustentabilidad de los recursos naturales

Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental –  
Ley N° 28245

Este sistema se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejerzan competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de

Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil. Asimismo, establece la obligatoriedad de los integrantes del sistema de cumplir la Política Nacional Ambiental, el Plan y la Agenda Nacional de Acción Ambiental, así como las normas transectoriales.

**b) La Ley General del Ambiente – Ley N° 28611**

Es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho irrenunciable de toda persona de vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente y sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. También el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El Estado concertó con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.

**c) Ley N° 28271, Ley N° 28526, decreto Ley N° 1042 que regulan la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera**

La presente Ley tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la

responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por éstos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, al ecosistema circundante y la propiedad.

**D.S N° 059-2005-EM, D.S N° 003-2009-EM referido al Reglamento de pasivos ambientales de la actividad minera**

Modifican Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera aprobado por D.S. N° 059-2005-EM, D.S. N° 003-2009-EM. El mencionado reglamento tiene por objeto precisar los alcances de la Ley N° 28271, que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, a fin de establecer los mecanismos que aseguren la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas impactadas por aquéllos.

**d) Ley N° 28090, Ley N° 28234, Ley N° 28507, que regula el cierre de minas Ley N° 28090.**

Ley que regula el cierre de minas. La presente ley tiene por objeto regular las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas y la constitución de las garantías ambientales correspondientes, que



aseguren el cumplimiento de las inversiones que comprende, con sujeción a los principios de protección, preservación y recuperación del medio ambiente y con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

**Ley N° 28234** El plan de cierre final es por el término de todas las actividades de explotación de la mina y (termino de vida útil del Proyecto. La ley N° 28090 promulgada el 01 de octubre de 2003, su modificatoria (ley N° **28234**) y **reglamento (D.S. N° 033-2005-EM)** establecen las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración y presentación y ejecución del Plan de Cierre de Minas y la constitución de garantías ambientales.

**Ley N° 28507 - Modifica la Ley N° 28090**, que regula el cierre de minas La presente Ley modifica la que regula las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de cierre de minas, en lo relativo al plazo establecido para su presentación.

- e) **DS N° 033-2005, DS N° 035-2006-EM y DS N° 045-2006-EM, Reglamento de cierre de minas**

**Decreto Supremo N° 033-2005-EM — Reglamenta la Ley N° 28090**, que regula el cierre de mina. El presente Decreto Supremo aprueba el Reglamento para el cierre de minas con el objetivo de prevenir, minimizar y controlar los riesgos y efectos

sobre la salud, la seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad que pudiera derivarse del cese de operaciones de una unidad minera.

DS 035-2006-EM – Modifica el DS 033-2005-EM, que aprueba el Reglamento de la Ley que regula el Cierre de Minas». 04 de julio de 2006. Lima, Perú. DS N° 035-2006-EM (\*) Disposición modificada por el Artículo Único del Decreto Supremo N° 035-2006-EM, publicado el 05 julio 2006, cuyo texto es el siguiente: Primera. - "Los Planes de Cierre aprobados antes de la DS N° 045-2006-EM El presente Decreto Supremo modifica el Reglamento para el cierre de minas, en lo relacionado con la exigibilidad del plan de cierre y el cálculo del fondo de garantía.

**f) R.M. N° 224-2018-MEM/DM**

Actualización del inventario de pasivos ambientales mineros, aprobado mediante R.M. N° 290-2006-MEM/DM, conforme a lo señalado por la Dirección Técnica Minera de la Dirección General de Minería en el Informe N° 032-2018-MEM-DGM/DTM/PAM

**g) Decreto Supremo 016-93-EM.**

Reglamento para la Protección Ambiental en la actividad Minero Metalúrgica (01.05.93), teniendo en cuenta, que el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo No 014-92-EM, contiene en su título décimo quinto las disposiciones sobre protección del medio ambiente

para la actividad minero metalúrgica; Que es necesario emitir las normas reglamentarias correspondientes; De conformidad con lo dispuesto, DECRETA: Artículo 1o.- Apruébese el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, sobre el medio ambiente, el mismo que consta de un título preliminar, cuatro títulos, cuatro capítulos, 50 artículos, una disposición complementaria, tres disposiciones transitorias y dos anexos.

**h) Decreto Supremo N° 058-2006-EM**

Modifica el Decreto Supremo N° 022-2005-EM, estableció disposiciones aplicables a proyectos de remediación ambiental derivados de los PAMA y Planes de Cierre de Empresas Mineras del Estado.

Que, mediante Decreto Supremo N° 022-2005-EM del 28 de junio de 2005 se establecieron disposiciones aplicables a los proyectos de remediación ambiental derivados de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental - PAMA - y Planes de Cierre de las empresas mineras del Estado que hayan estado comprendidos en el proceso de promoción de la inversión privada a que se refiere el Decreto Legislativo N° 674 y normas complementarias; Que, el Artículo 3 del referido decreto supremo establece los casos en que el Estado asume las obligaciones de remediación ambiental, mediante la contratación de las obras, bienes y servicios que fueren menester; Que, los proyectos de PAMA, Cierre o de remediación ambiental que

corresponden a la Empresa Minera del Centro del Perú S.A. -  
CENTROMÍN PERÚ S.A.

**i) Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. 26.09.2010**

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez títulos, ochenta y un artículos, doce disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente decreto supremo

**j) Decreto Supremo N° 010/10/MINAM**

Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas.

El presente Decreto establece los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos de las actividades minero-metalúrgicas, con el objetivo de asegurar que las concentraciones de los parámetros no regulados por la presente Resolución tales como cadmio, mercurio, cromo y otros, cumplan con las disposiciones legales vigentes en el país, o demostrar técnicamente ante la autoridad competente que su vertimiento al cuerpo receptor no ocasionará efectos negativos a la salud humana y al ambiente.

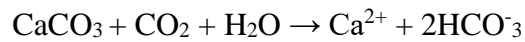
**3.2. Bases teóricas científicas**

**3.2.1. Categorías de drenaje de mina**

**a) Drenajes alcalinos**

Aduvire (2006) describe que las aguas alcalinas en las explotaciones mineras se producen cuando las filtraciones desde superficie o desde

acuíferos suprayacentes circulan a través de materiales calizos y dolomíticos. La disolución del carbonato cálcico tiene lugar debido a la presencia de anhídrido carbónico en el agua y da lugar a la siguiente reacción:



El contenido en ion bicarbonato en las aguas es el que marca la alcalinidad de éstas, la alcalinidad total se mide en mg/l y se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$100[(\text{HCO}_3^-) + 2(\text{CO}_3^{2-}) + (\text{OH}^-)]$$

Aunque no es frecuente, las aguas alcalinas en algunos casos pueden ser tan dañinas como las aguas ácidas. Los materiales rocosos recién excavados dan lugar a una mayor aportación de contaminantes que los terrenos de igual litología que no han sufrido alteración, ya que las superficies libres son más fácilmente lixiviables. Algunas aguas alcalinas contienen altas concentraciones de hierro ferroso, que tras su oxidación e hidrólisis pueden llegar a cambiar el drenaje al tipo ácido. Estos tipos de descargas son más comunes en minas subterráneas que en las de cielo abierto”.

#### **b) Drenajes ácidos**

Aduvire (2006) describe que durante la explotación de determinados yacimientos (carbón, sulfuros metálicos, hierro, uranio y otros) quedan expuestos a la meteorización grandes cantidades de minerales sulfurosos que pueden llegar a formar drenajes ácidos. Esto suceda si se presenta una

condición aerobia, es decir, la existencia de cantidades suficientes de agua, oxígeno y simultáneamente la acción catalizadora de bacterias.

Nordstrom y Alpers (1998) describen el proceso de oxidación de la pirita como principal responsable de la formación de aguas ácidas y, afirman que estas reacciones geoquímicas se aceleran en áreas mineras debido a que el aire entra en contacto con mayor facilidad con los sulfuros a través de las labores de acceso y la porosidad creada en las pilas de estériles y residuos, unido a ello el cambio de composición química y el incremento de la superficie de contacto de las partículas. También afirman que los procesos físicos, químicos y biológicos tienen gran influencia en la generación, movilidad y atenuación de la contaminación ácida de las aguas, y los factores que más afectan a la generación ácida son el volumen, la concentración, el tamaño de grano y la distribución de la pirita.

Skousen et al. (1994 y 1998) y Ziemkiewics et al. (1997) a partir del pH y el contenido de oxígeno y metales pesados hacen una clasificación de los drenajes de mina y lo agrupan en 5 tipos. Por tanto, los drenajes de entornos mineros pueden ser ácidos o alcalinos, pueden degradar el hábitat acuático y cambiar la calidad de las aguas debido a su toxicidad, corrosión y otros efectos producidos por la disolución de sus constituyentes. Por lo general tienen unos valores de pH entre 2 a 9, contienen cationes y aniones en disolución (de <1 a 100.000 mg/l), predominando elevadas concentraciones de SO<sub>4</sub>, Fe, Mn y Al, y en menor proporción Ca, Na, K, Mg y otros elementos. Un drenaje es ácido cuando los minerales ácidos exceden a los alcalinos, puede contener elevadas concentraciones de SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, Al y otros iones, puede tener o no bajo pH, pero la presencia de

Fe, Al y Mn disueltos pueden generar iones  $H^+$  por hidrólisis (alta concentración iones  $H^+$ ) y bajar el pH.

En los drenajes de mina neutros o alcalinos (alcalinidad igual o mayor que acidez) también pueden tener elevadas concentraciones de  $SO_4$ , Fe, Mn y otros solutos, pero la disolución de los minerales carbonatados neutraliza la acidez y remueven Fe, Al y otros iones metálicos, y sin embargo no afecta significativamente la concentración de  $SO_4$ . En drenajes ácidos el anión principal es el  $SO_4$  y los cationes mayoritarios son Fe, Mn y Al. 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.

### c) **Impactos negativos de las aguas de mina**

Conflict Minerals (2020), publica “La minería por lixiviación, se utilizan productos químicos (por ejemplo, ácido sulfúrico en el caso del cobre o una solución de cianuro y sodio en el caso del oro) para disolver (lixiviar) los metales en cuestión del mineral que los contiene. Las soluciones químicas utilizadas no sólo liberan los metales deseados, sino que también movilizan otros metales pesados (como el cadmio), por lo cual las aguas superficiales y subterráneas suelen contaminarse”.

### **3.2.2. Mecanismos de formación de aguas acidas**

Aduvire (2006), describe los mecanismos de formación de aguas ácidas en:

- a) Reacciones químicas y biológicas

- b) Etapas de formación de aguas ácidas
- c) Factores que influyen en la formación de aguas ácidas en depósitos de relaves y desmonteras.
- d) Migración de drenajes ácidos en depósitos de relaves

### **3.2.3. Mecanismos de formación de aguas acidas**

#### **Acidez de agua de mina**

- a) Generación de acidez
- b) Medida de la acidez en drenajes de mina

#### **Alcalinidad de las aguas de mina**

- a) Atenuación de las aguas ácidas
- b) Medición de la alcalinidad en aguas de mina.

### **3.2.4. Parámetros físicos – químico**

Aduvire (2006), menciona los principales parámetros físico – químicos:

#### **a) Eh-pH**

En los drenajes ácidos de mina (DAM) el potencial Redox indica el grado de oxidación de los sulfuros, por tanto, una medida de la generación o no de acidez. Además, a través de la relación  $Fe^{2+}/Fe$  total podemos determinar los límites de las zonas de predominancia de la fase ferrosa ( $Fe^{2+}/Fe$  total = 50 a 100%) y de la fase férrica ( $Fe^{2+}/Fe$  total = 0 a 50%).

La medida de pH no es suficiente para indicar la acidez potencial de los drenajes de mina, ya que a pH cercanos a neutro pueden existir elevadas concentraciones de Fe que generan acidez si se oxida e hidroliza.



## **b) Minerales formadores de acidez y contenido metálico**

La oxidación de piritita no tiene lugar hasta liberar todos sus productos de oxidación al estado disuelto en un solo paso. Más bien, es común que la meteorización de la piritita resulte inicialmente en la acumulación de minerales secundarios, llamados “minerales generadores de acidez (MGA)”, que efectivamente almacenan acidez temporalmente en la zona no-saturada. Los MGA comprenden varios hidroxisulfatos de hierro y otros metales, entre los MGAs comunes tenemos:

- Copiapita:  $\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
- Jarosita potásica:  $\text{KFe}_3^{3+}(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$
- Melanterita:  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Römerita:  $\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Coquimbita:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

## **c) Oxígeno disuelto en drenajes de mina. Curvas de valoración de la acidez en drenajes de mina.**

Por lo general los AMD que proceden del interior de las labores mineras (zonas anóxicas), tienen poco oxígeno y predominio de la fase ferrosa. Una vez que los AMD entran en contacto con el aire en superficie, las aguas se oxigenan y en algunos alcanzan la saturación de oxígeno.

### **3.2.5. Mineralogía de drenajes ácidos**

**Aduvire (2006), menciona la mineralogía de drenajes ácidos:**

- a) Precipitados ferruginosos

- b) Eflorescencias de sulfatos minerales.
- c) Secuencia de formación de minerales secundarios en AMD

### **3.2.6. Sistemas de tratamiento de aguas acidas**

Aduvire (2006), describe los sistemas de tratamiento de aguas ácidas.

Métodos activos, que precisan de una operación continuada, como sucede en una planta química de tratamiento de aguas ácidas. El tratamiento de aguas de mina utilizando métodos químicos mediante la adición de sustancias alcalinas, tiene un coste elevado sobre todo cuando se trata de grandes volúmenes. Además, requiere un control y mantenimiento de las instalaciones de aireación y mezclado, así como de un almacenamiento adecuado de los lodos con carga metálica.

Métodos pasivos, en los que la intervención del hombre es mínima, tal como sucede con los humedales, drenajes anóxicos calizos, sistemas de producción de alcalinidad y otros.

#### **3.2.6.1. Tratamientos pasivos**

- a) Humedales aeróbios, anaeróbios
- b) Drenaje anóxico calizo
- c) Sistemas sucesivos de producción de alcalinidad
- d) Barreras reactivas permeables.

#### **3.2.6.2. Tratamientos activos de aguas acidas**

- a) Tratamiento en una planta convencional.
- b) Tratamiento en una planta HDS

- c) Tratamiento mediante el proceso NCD
- d) Tratamiento mediante el proceso Bioteteq

### **3.3. Definición de términos básicos**

De acuerdo a Aduvire (2006) menciona en su texto lo siguiente:

#### **3.3.1. Aguas acidas de mina**

Las aguas ácidas de minería se originan mediante la oxidación química y biológica de la pirita. Este fenómeno se produce cuando las rocas conteniendo dichos sulfuros entran en contacto con aire o agua.

#### **3.3.2. Drenaje de aguas acidas**

“El drenaje ácido de mina (AMD) es la consecuencia de la oxidación de algunos sulfuros minerales (pirita, pirrotita, marcasita, etc.) en contacto con el oxígeno del aire y agua”:

Sulfuro mineral + Oxígeno + Agua = Sulfato + Acidez + Metal

También otros oxidantes como el hierro férrico puede reemplazar al oxígeno del aire en la reacción y en algunos casos al oxígeno del agua:

Sulfuro mineral + Hierro férrico + Agua = Sulfato + Acidez + Metal

#### **3.3.3. Formación de aguas acidas de mina**

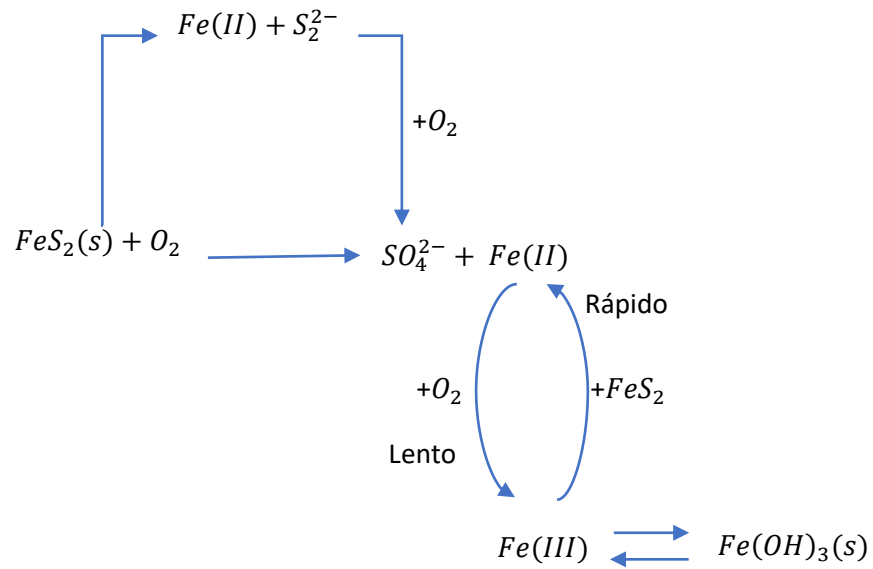
La formación de aguas ácidas tiene lugar a partir de la oxidación química de los sulfuros, acelerada en muchos casos por la acción bacteriana. Los principales elementos que intervienen

son: los sulfuros reactivos, el oxígeno y el agua (vapor o líquida), y como elemento catalizador las bacterias. La velocidad de reacción es una variable muy importante, pues si el proceso ocurre muy lentamente el efecto sobre el medio puede ser despreciable.

Sin embargo, si la generación de aguas ácidas es rápida el problema se agrava, ya que se producirá la contaminación del entorno. Aunque la velocidad de reacción depende de numerosos factores como temperatura, cantidad de sulfuros, granulometría, presencia de agua, aire y bacterias. Ciertas especies mineralógicas son más reactivas que otras; por ejemplo, la marcasita, que tiene la misma fórmula química que la pirita, es muy inestable y puede generar rápidamente aguas ácidas.

Los sulfuros de otros metales de (plomo, cinc o cobre) son generalmente menos reactivos que los de hierro. En parte, es a la mayor estabilidad de su estructura cristalina y también porque forman minerales menos solubles que recubren la superficie de los propios sulfuros impidiendo que progrese su oxidación.

**Figura N° 1:** Oxidación de sulfuros



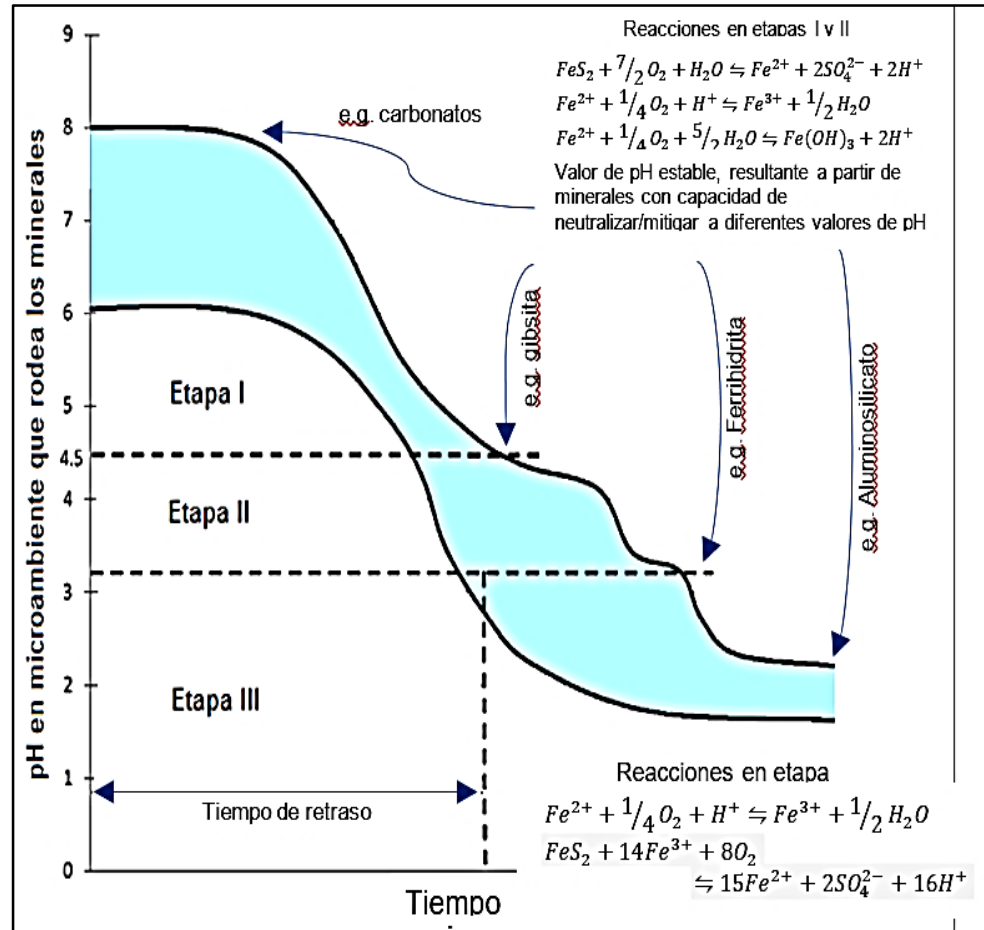
Fuente: Aduvire (2006)

**Etapas en la formación de aguas ácidas.** Los drenajes de minas en operación o abandono generan problemas de contaminación y degradación de los ecosistemas, pudiendo llegar a extinguir la vida acuática. También imposibilita el uso de estas aguas para consumo humano, debido a su acidez y elevada concentración de metales disueltos como hierro, manganeso, aluminio, arsénico, selenio, cinc, níquel, y otros.

Por otro lado, genera daños a las estructuras metálicas y de hormigón, así como la destrucción o desaparición de la vegetación y la fauna de los causes naturales. Una forma de evitar la formación de aguas ácidas es la neutralización de las mismas, en este sentido la oxidación de una tonelada de pirita produce casi una tonelada de hidróxido férrico y cerca de tonelada y media de ácido sulfúrico. El proceso de formación de

aguas ácidas, en su conjunto, también se puede explicar en tres etapas, como se observa en la siguiente figura N° 2.

**Figura N° 2:** Oxidación de sulfuros en proceso de formación de aguas ácidas de mina, con arreglos del autor.



Fuente: Aduvire (2006)

**1ª etapa.** La oxidación de minerales sulfurosos libera hierro ferroso que bajo condiciones neutras se oxida químicamente y se transforma a hierro férrico que precipita como hidróxido y aporta acidez al medio. En esta etapa del proceso la velocidad de oxidación es baja en los dos mecanismos de generación ácida (directa e indirecta) y la formación de aguas ácidas por oxidación debida al aire y a las bacterias (fundamentalmente *Thiobacillus ferrooxidans*) se producen a un ritmo semejante. Por lo general, la alcalinidad disponible en el medio es suficiente para neutralizar parcialmente la acidez que se ha producido lentamente.

**2ª etapa.** La acidez acumulada supera la capacidad de neutralización del medio y el pH desciende y predomina la oxidación de la pirita por la acción bacteriana. En la reacción se produce el sulfato ferroso que al ser oxidado nuevamente se transforma en sulfato férrico, y éste a su vez en contacto con el agua da lugar al ácido sulfúrico y al hidróxido férrico, que es insoluble y es el que provoca la coloración amarilla de las aguas. En esta etapa disminuye la eficacia del mecanismo directo (oxidación por el aire) y aumenta mucho la del indirecto.

**3ª etapa.** Cuando el pH desciende por debajo de 3 en la proximidad de los granos de pirita (aproximadamente 4,5 en el agua), el ion férrico se ve afectado por las reacciones de oxidación-reducción y la acción bacteriana puede lixiviar el sulfuro de hierro directamente a sulfato. En esta etapa varía la generación de ácido al aumentar la solubilidad del hierro y disminuye la precipitación de hidróxido férrico. En resumen, el *Thiobacillus ferrooxidans* oxida el ion ferroso a férrico que a su vez oxida a los sulfuros (pirita) produciendo más ácido.

En este momento se producen grandes cantidades de ácido y se deben tener en cuenta los siguientes puntos: El mecanismo más importante es el indirecto, ya que es el que se autocataliza (si se inhibe la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* la producción de ácido se reduce al menos en un 75%).

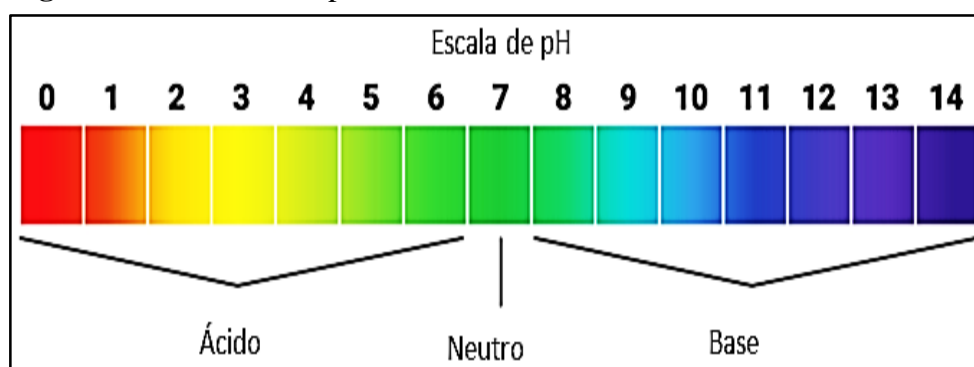
- Si el pH del agua sube por encima de 5, igualmente se inhibe la oxidación.
- Si el pH del agua desciende por debajo de 4,5 debe esperarse que todo el sulfuro de hierro termine oxidándose.
- Si el pH desciende por debajo de 2,5 se establece un equilibrio en el que la actividad bacteriana se estabiliza, ya que habrá alcanzado su óptimo desarrollo (la velocidad de reacción se habrá incrementado entre 105 y 106 veces respecto al mecanismo directo).

### 3.3.4. Valores de pH

El pH es una medida de la acidez o concentración de ion hidronio en una solución, varía entre 0 y 14.

Un drenaje es ácido cuando los minerales ácidos exceden a los alcalinos, puede contener elevadas concentraciones de  $\text{SO}_4$ , Fe, Mn, Al y otros iones, bajo pH, la presencia de Fe, Al y Mn disueltos generan iones  $\text{H}^+$  por hidrólisis (alta concentración iones  $\text{H}^+$ ) y bajar el pH. En drenajes ácidos el anión principal es el  $\text{SO}_4$  y los cationes mayoritarios son Fe, Mn y Al.

**Figura N° 3:** Escala del pH



Fuente: Elaboración propia



**Tabla N° 1:** Tipos de drenajes de aguas de mina.

<b>TIPO</b>	<b>pH</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>I</b>	< 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)
<b>II</b>	< 6,0	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
<b>III</b>	> 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 Ácido de Mina) Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
<b>IV</b>	> 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.
<b>V</b>	> 6,0	Agua de 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.

Fuente: Skousen and Ziemkiewics, 1996

### **3.3.5. Tratamiento de hidróxido de calcio**

Se suele utilizar cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  o llamado lechada de cal, que es particularmente útil para tratar grandes caudales en condiciones de alta acidez. Como la cal hidratada es hidrófoba, para conseguir una buena mezcla con el agua, se precisa de un dispositivo de agitación.

Cuando se pretende eliminar el hierro, en el propio proceso de agitación se incorpora la aireación necesaria para lograr la oxidación del hierro ferroso hasta transformarse en hierro férrico y conseguir la mayor eliminación de éste.

Los lodos que se obtienen presentan una gran cantidad de sulfato cálcico, que desde la poza se bombea hacia la relavera Ocroyoc, que viene a ser una enorme poza de sedimentación.

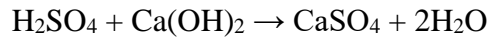
Esta técnica tiene con un pH muy alto se busca precipitar metales como el manganeso.

### **3.3.6. Neutralización**

El proceso de neutralización de las aguas ácidas mediante la adición de sustancias alcalinas es el que actualmente se lleva a cabo en la mayoría de las minas que generan efluentes o drenaje de este tipo.

El tratamiento en las plantas convencionales se realiza en tres etapas: neutralización, oxidación y precipitación. Las reacciones principales que tienen lugar según el tipo de agente alcalino que se utilice son:

### **1º Neutralización del ácido sulfúrico con hidróxido de calcio.**

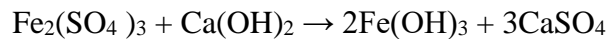


### **2º Oxidación del hierro ferroso o férrico.**

Se lleva a cabo tomando oxígeno de la atmósfera mediante la agitación de las aguas en unos tanques. Con esto se consigue modificar el estado del hierro haciéndolo insoluble”.

### **3º Precipitación de los hidróxidos de hierro.**

Los hidróxidos se forman al reaccionar el sulfato férrico con los agentes alcalinos. Con hidróxido de calcio



La separación de los sólidos insolubles se realiza en decantadores circulares o rectangulares, ayudada por la acción de floculantes. La filtración en las diversas variantes puede emplearse como sistema complementario. En nuestro caso estamos utilizando la relavera Ocroyoc.

Los agentes alcalinos a emplear son muchos: cal rápida, cal hidratada, roca caliza, caliza en polvo, magnesita, dolomita, sosa cáustica, cenizas de sosa e hidróxido de amonio. Pero, en la práctica los más usados son: la cal, la cal hidratada y la caliza. Y en esta oportunidad cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

La concentración de metales pesados en el tratamiento puede reducirse por precipitación como hidróxidos a distintos valores de pH, por ejemplo, el pH mínimo para el  $Pb^{+2}$  es 6.3; Para el  $Fe^{+2}$  es 9.5 y para el  $Mn^{+2}$  es 10.6. Hay que tomar precauciones cuando están presentes metales anfóteros como el cinc y el aluminio que se disuelven en la solución si ésta es demasiada alcalina.

Carhuaz (2022), relata en las capacitaciones en Activos mineros SAC con temas de remediación de pasivos ambientales mineros, basados en la Ley No 28271.

### **3.3.7. Relaves mineros**

Corresponde al residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación.

### **3.3.8. Pasivo ambiental minero (PAM)**

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

### **3.3.9. Cierre de pasivos ambientales minero**

**Riesgo:** Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud

humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro.

**Pasivo ambiental minero abandonado:** Pasivos que están localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la Ley.

**Pasivo ambiental minero inactivo:** Aquellos pasivos que, a la fecha de vigencia de la Ley, se encontraban localizados en concesión vigente, en áreas, labores o instalaciones que estaban sin operar durante dos años o más.

“Para prevenir la ocurrencia de accidentes en los PAMs, debe realizarse el cierre y remediación de las minas abandonadas, en cumplimiento de la Ley de Cierre de Pasivos Ambientales y su reglamento, vigentes desde el 2005”.

### **¿Qué y cómo se hace la remediación?**

“Estos pasivos ambientales son inventariados, priorizados y calificados de alto riesgo y de muy alto riesgo por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), entidad que progresivamente encarga a Activos Mineros efectuar la

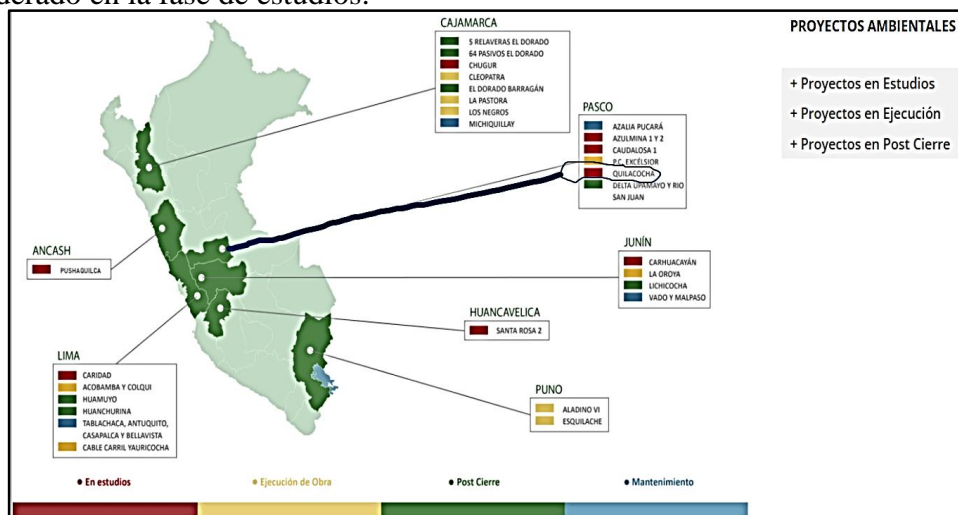
remediación ambiental mediante los Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros para reducir o eliminar su impacto ambiental negativo y los riesgos que representan”.

### Fases de cierre de los PAMs

Fases del cierre de remediación de los pasivos ambientales mineros:

- Estudios
- Ejecución
- Mantenimiento y monitoreo (Post cierre)

**Figura N° 4:** Pasivo ambiental minero Quiulacocha esta inventariado y considerado en la fase de estudios.



Fuente: Página web de AMSAC

### 3.3.10. Depósito de relaves quiulacocha

“El depósito de relaves Quiulacocha, es un pasivo ambiental minero (PAM), ubicado en el anexo de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, Provincia Pasco y Región Pasco.

El depósito de relaves Quiulacocha cuenta con aproximadamente 70 millones de toneladas de relave, en un área de 115 hectáreas, compuestos

por sulfuros, arsénico, óxidos de fierro, plomo, entre otros productos de las operaciones de las empresas Cerro de Pasco Cooper Corporation y Centromin Perú S.A.

¿Cómo se formó este extenso depósito de relaves? Su origen, según describe la empresa minera, data de los residuos minerales que fueron procesados por minas a cielo abierto y subterráneas en Cerro de Pasco desde el año 1630, y que luego fueron almacenados en Quiulacocha desde principios de 1900.

Inicialmente, estos relaves resultaron de la extracción de minerales de cobre-plata-oro con leyes históricas reportadas de hasta 10% Cu, 4 g/t Au y más de 300 g/t Ag, y más tarde de la extracción de cuerpos de mineral de zinc-plomo-plata con un promedio de grados históricos de 7.41% Zn, 2.77% Pb y 90.33 g/t Ag.

Una estimación más reciente de recursos minerales se remonta al año 2012, donde la firma BO Consulting registró 2.9 Mt con 1.43% Zn, 0.79% Pb, 43.1 g/t Ag y 0.04% Cu. Ver figura N° 5.

**Figura N° 5:** Pasivo ambiental minero depósito de relaves Quiulacocha, cuenta con una Planta de Neutralización de aguas ácidas.



Fuente: Elaboración propia



## IV. Desarrollo de la Experiencia

### 4.1. Intervención

Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocho, mediante neutralización del pH.

**Figura N° 6:** Planta de neutralización de aguas ácidas del Pasivo ambiental minero depósito de relaves Quiulacocho.



Fuente: Elaboración propia

Para el tratamiento de aguas ácidas se utiliza cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  o llamado lechada de cal en  $9.63 \text{ m}^3/\text{h}$  para un caudal de agua ácida de  $173 \text{ m}^3/\text{h}$ , consiguiendo una buena mezcla con el agua, con dispositivo de agitación y aireación para eliminar el hierro, mediante la oxidación del hierro ferroso a hierro férrico y consiguiendo la eliminación de éste.

Los lodos que se obtienen presentan una gran cantidad de sulfato cálcico, que desde la poza de agua neutralizada se bombea hacia la relavera Ocroyoc, que viene a ser una enorme poza de sedimentación con un caudal de  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ . Con la técnica de llegar a un pH de  $9.00 - 9.50$  se

busca precipitar metales pesados como el manganeso. La ratio de consumo de hidróxido de calcio por agua ácida tratada promedio es  $4.36 \text{ Kg/m}^3$

#### 4.1.1. Descripción de equipos

##### A. ZONA 100: Vista panorámica de la Zona 100

**Figura N° 7:** Patio de descargue de cal hidratada: Tiene un acceso por la carretera hacia la Planta de óxidos de la empresa Administradora Cerro SAC, y no cuenta con dispositivos de descargue.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 8:** Montacarga para descargar de cal hidratada: Es alquilado de un tercero con responsabilidad del proveedor de la cal hidratada.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 9:** Tecles de traslado e izaje de cal hidratada: Debe ser mejorada, para que la descarga sea con tecles, dentro del recinto de la zona 100 y evitar el uso del montacarga.



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 10:** Tecles para traslado e izaje de cal hidratada en el recinto de la zona 100.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 11:** Silo de almacenamiento y molienda de la cal hidratada.



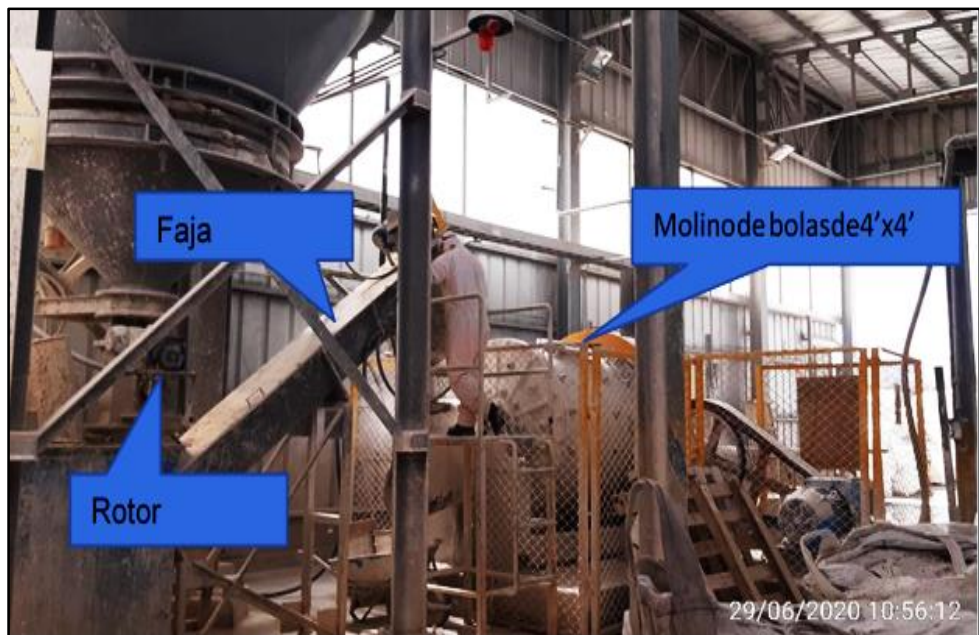
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 12:** Silo de almacenamiento de cal hidratada de 25 TM de capacidad.



Fuente: Elaboración propia

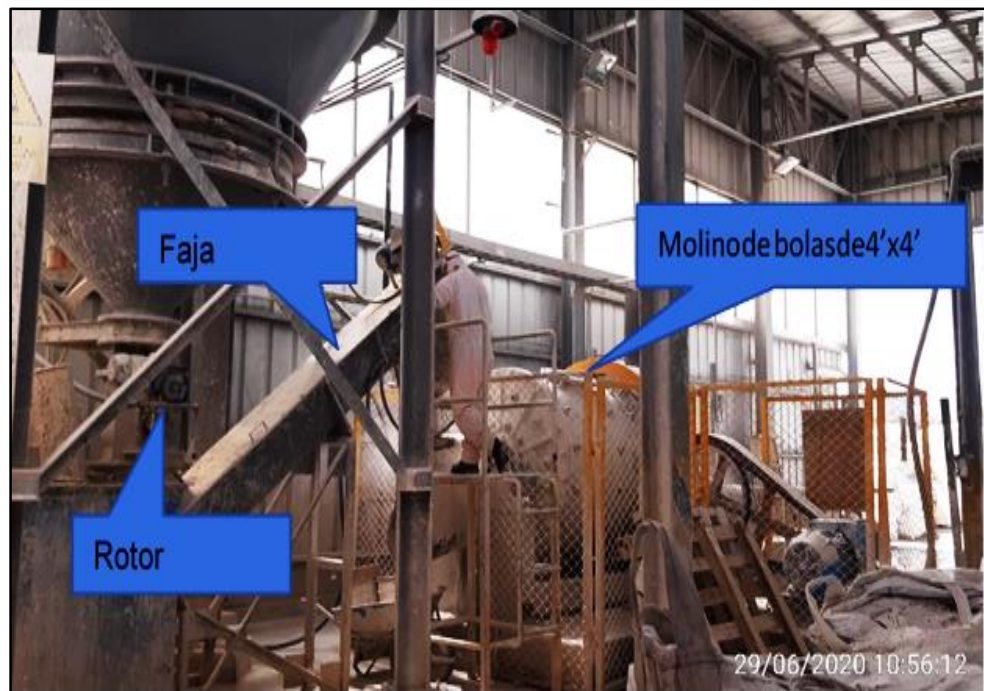
**Figura N° 13:** Molino de bolas de 4' x 4', equipo principal para la molienda de la cal hidratada.



Fuente: Elaboración propia

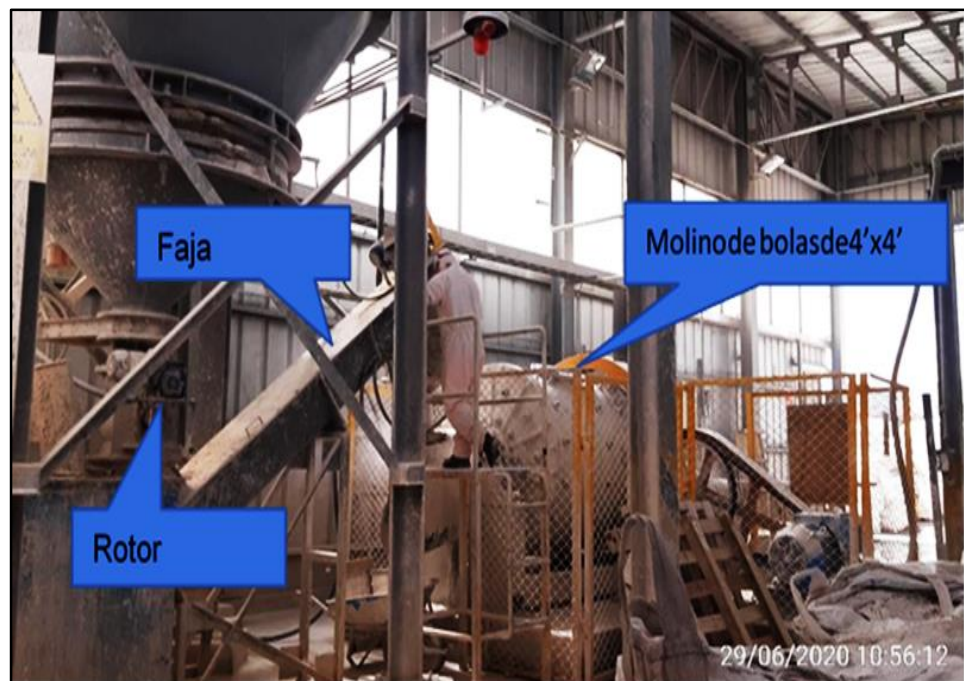


**Figura N° 14:** Rotor vibrador de descarga, dispositivo para la descarga de la cal hidratada hacia la faja por vibración.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 15:** Faja helicoidal, dispositivo para trasportar la cal hidratada desde el punto de descargue hasta el feed chute del molino.



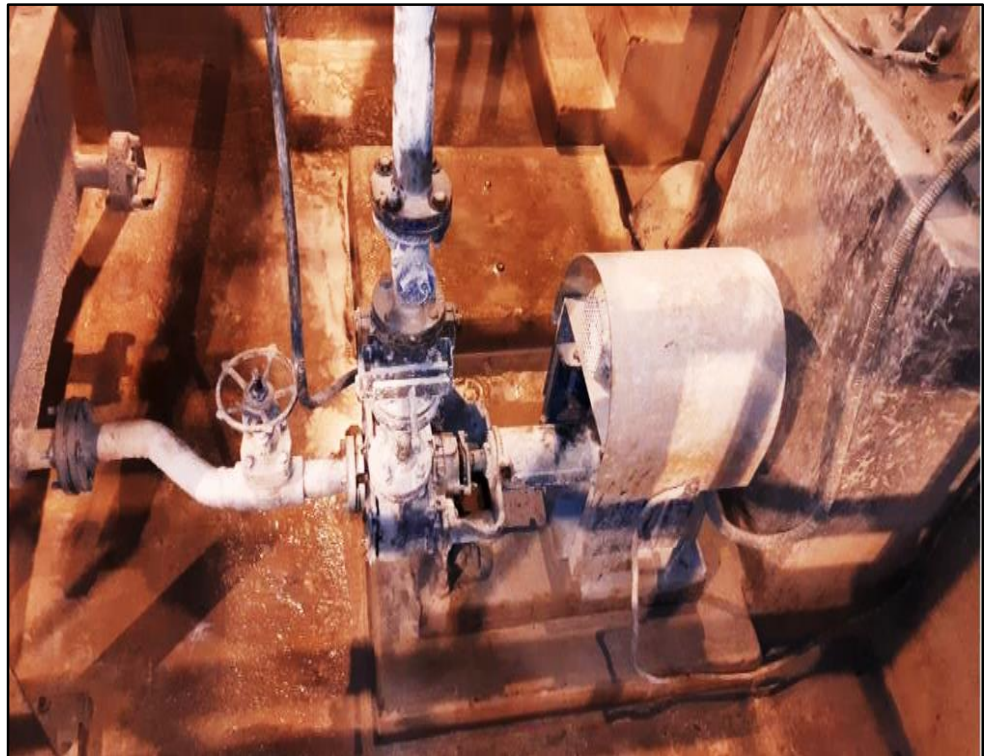
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 16:** Cajón principal de la solución de lechada de cal



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 17:** Bomba principal de la solución de lechada de cal



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 18:** Caja auxiliar de la solución de lechada de cal



Fuente: Elaboración propia

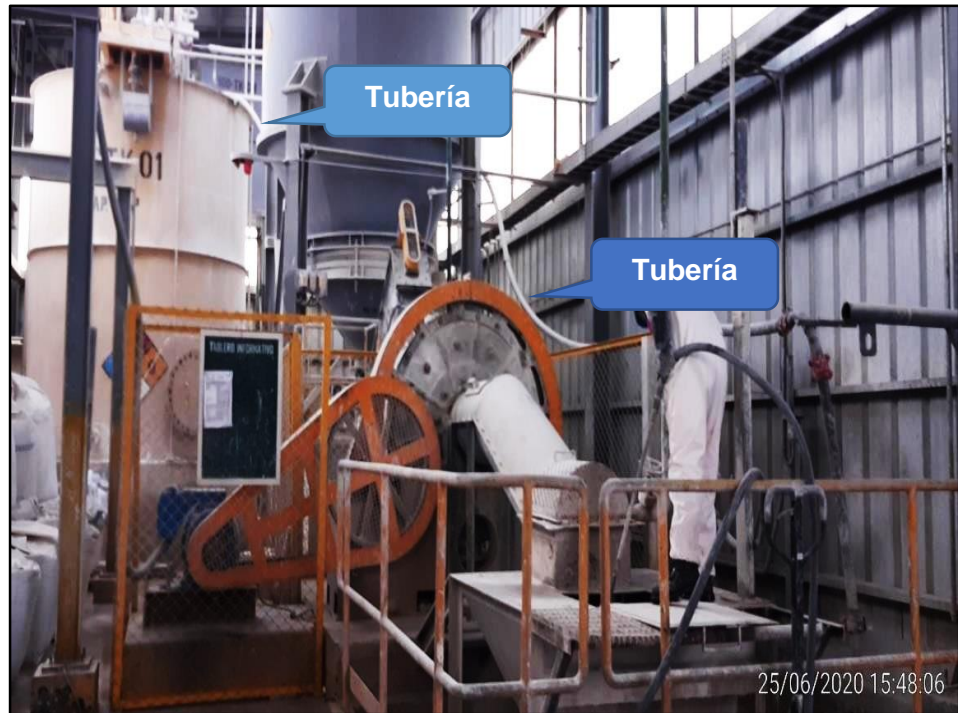
**Figura N° 19:** Bomba auxiliar de la solución de lechada de cal



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 20:** Tuberías para traslado de lechada de cal hacia el tanque de lechada de cal 100-TK-01.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 21:** Tanque de lechada de cal 100-TK-01 de 40 m<sup>3</sup>



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 22:** Balanza Marcy para medir la densidad de la pulpa



Fuente: Elaboración propia

**B. ZONA 200:** La zona 200 es la zona del proceso de neutralización de las aguas ácidas.

**Figura N° 23:** Tubería de traslado para la lechada de cal hacia el tanque 1 de neutralización



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 24:** Tubería para traslado para la lechada de cal hacia el tanque 1 de neutralización 200 TK-0-2.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 25:** Tanque neutralizador 200-TK-02: Tanque 1 de neutralización de 80 m<sup>3</sup>, aquí se lleva a cabo el proceso de neutralización entre el agua ácida y el hidróxido de calcio, catalizados con aireación y agitación.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 26:** Tanque neutralizador 200-TK-03, Tanque 2 de neutralización de 80 m<sup>3</sup>, se va completando la neutralización mediante aireación y agitación, la solución agua ácida + hidróxido de calcio.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 27:** Compresora de aire: Provee aire para mantener la cama fluida en suspensión y facilita la mezcla y las reacciones químicas de oxidación en los tanques 1 y 2 de neutralización es decir tanques 200-TK-02 y 200-TK-03.



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 28:** Poza de agua neutralizada: Poza de 30 m<sup>3</sup> de capacidad, capta el agua neutralizada y de ésta, se bombea hacia la planta de tratamiento de aguas ácidas y/o a la relavera Ocroyoc de EA Cerro SAC, con un pH en el rango de 9.00 a 9.50 pH.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 29:** Poza de agua neutralizada de 30 m<sup>3</sup> de capacidad, vacía en momentos de limpieza.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 30:** pHmetro, midiendo la calidad de agua neutralizada de 9.22 pH.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 31:** El bombeo de agua neutralizada hacia la Planta de tratamiento o relavera Ocrocoyoc de la Empresa Administradora Cerro SAC es alrededor de 173 m<sup>3</sup>/h. Se sugiere tener una bomba adicional como stand by.



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 32:** Instalaciones consistente en tuberías, válvulas, para descargue o purga de aguas ácidas, en los arranques de la planta de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 33:** Bombeo de agua ácida, se cuenta con una bomba que opera a 180 m<sup>3</sup>. Se sugiere tener una bomba adicional como stand by



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 34:** Descarga de agua neutralizada y bombeo del sistema de tratamiento hacia la relavera o planta de tratamiento de la empresa Administradora Cerro SAC.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 35:** Bomba 1 del sistema de bombeo de aguas neutralizadas.



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 36:** Bomba 2 del sistema de bombeo de aguas neutralizadas.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 37:** Puesta de la regleta, para la medición del nivel de agua ácida, en el lugar del punto de bombeo de agua ácida hacia la planta de neutralización.



Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 38:** Vista de las tuberías del sistema de bombeos de aguas ácidas y aguas neutralizadas.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 39:** Poza de succión de aguas recuperadas por lavados y otros, con la finalidad de mantener limpia el área de la planta de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 40:** Limpieza de la poza de aguas neutralizadas y alrededores, después de la jornada de trabajo, llegando a sedimentar los lodos y teniendo la necesidad de evacuar.



Fuente: Elaboración propia

**Sugerencia:** Colocar escaleras de gatos y barandas alrededor de la poza de succión para evitar caída de personas

## 4.2. Programación específica

### A. MATERIA PRIMA

Agua ácida proveniente del drenaje de la desmontera Excélsior y de los relaves Quiulacocha con un pH entre 2.00 – 3.00. El depósito de relaves Quiulacocha con aproximadamente 70 millones de toneladas, en un área de 115 hectáreas, compuestos por sulfuros, arsénico, óxidos de fierro, plomo. Para un tratamiento de 173 m<sup>3</sup>/h.



**Figura N° 41:** El pasivo ambiental minero Relavera Quiulacocha, muestra el espejo de del agua ácida, listo para su tratamiento en la planta de neutralización.



Fuente: Elaboración propia

## B. INSUMOS

La Cal hidratada o hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , proveniente de los proveedores de las caleras de Carhuaz (Ancash) y Sacra Familia (Pasco), embolsados en sacos big bags de 750 Kg aproximadamente, con alrededor 73% de  $\text{CaO}$ .

**Figura N° 42:** Cal hidratada o hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , insumo principal para la neutralización de aguas ácidas.



Fuente: Elaboración propia

Agua neutra con un pH alrededor de 7

**Figura N° 43:** Agua neutra con un pH alrededor de 7, para preparar la lechada de cal. Se mezcla hidróxido de calcio con agua, hasta una densidad 1130 gramos por litro aproximadamente.



Fuente: Elaboración propia

### C. RECEPCIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

Los proveedores envían con camiones traylers o volquetes, son descargados con montacargas. Se sugiere que se debe instalar una grúa puente.

**Figura N° 44:** Descarga de la cal hidratada o hidróxido de calcio mediante un montacarga desde un camión trayler plataforma.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 45:** Descarga de la cal hidratada o hidróxido de calcio utilizando un montacarga desde un camión volquete en el interior de la zona 100.



Fuente: Elaboración propia

## **D. PREPARACIÓN DE LA LECHADA DE CAL**

### **d.1 IZAJE DEL BIG BAG HACIA EL SILO**

Para el traslado e izaje de los big bags se utilizan tecles de 01 TM de capacidad en grúas puentes, la cantidad requerida de acuerdo al programa. Se llena en un silo de cal hidratada de una capacidad de 25 TM, es recomendable llenar de acuerdo a la necesidad del turno de tratamiento, si se dispone totalmente lleno la cal hidratada se pega en las paredes y es dificultoso para bajar al rotor.

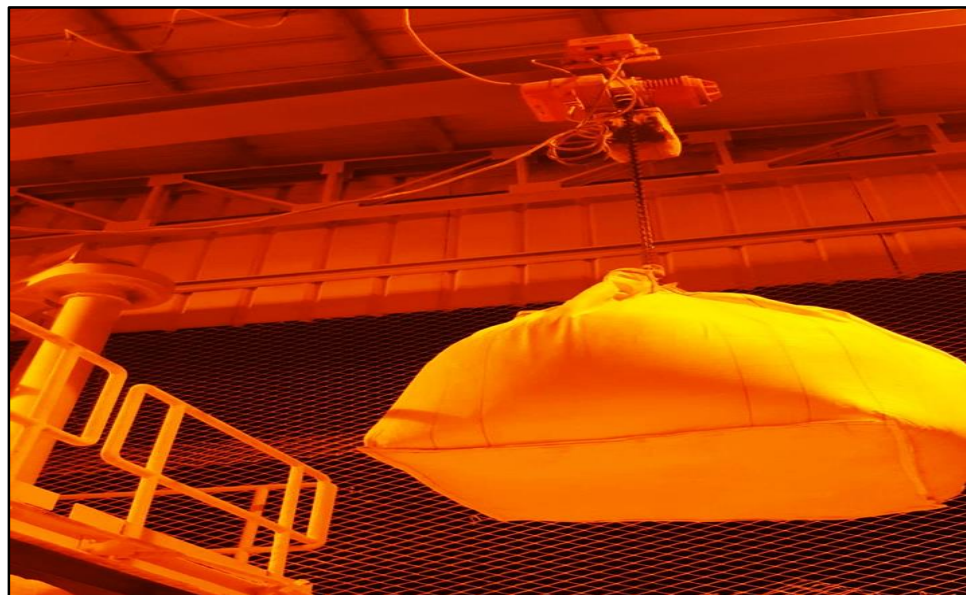


**Figura N° 46:** Vista el depósito de los sacos big bags en el interior de la zona 100, ya preparados para ser izados y vaciados al tanque de 25 para su posterior preparación.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 47:** Operación izaje de los sacos bib bags de 750 kg aproximadamente, utilizando tecele eléctrico



Fuente: Elaboración propia

## d.2 MOLIENDA DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

La molienda de la cal hidratada o hidróxido de calcio se realiza en un molino de bolas de 4'x4' en vía húmeda y se descarga en una caja de lechada de cal, para luego ser bombeada al tanque 100-TK- 01, con un flujo de 9.28 m<sup>3</sup>/h, con densidad promedio de 1.15 TM/m<sup>3</sup>

**Figura N° 48:** Molienda de la cal hidratada o cal apagada o hidróxido de calcio



Fuente: Elaboración propia

## d.3 LLENADO DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO EN EL TANQUE 100-TK-01

El hidróxido de calcio proveniente del molino es llenado al tanque 100-TK-01 de 40 m<sup>3</sup> y se adecua a una densidad promedio de 1.15 TM/m<sup>3</sup> agregando agua neutra y la dosificación será alrededor de 9.63 m<sup>3</sup>/h, hacia el primer tanque de neutralización 200-TK-02, para el cual se abre una válvula manual generalmente a de 2 – 3 hilos. Como contingencia del molino se puede preparar descargando directamente la cal hidratada a la caja, adicionar agua y bombear al tanque en mención.



**Figura N° 49:** Almacenamiento de la solución del hidróxido de calcio en el tanque 100-TK-01, para su posterior uso en la neutralización del agua ácida



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 50:** Para medir la densidad de la solución hidróxido de calcio se utiliza la balanza MARCY, generalmente se trabaja en una escala de 1.10 a 1.17



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 51:** Para la descarga o alimentación de la solución de hidróxido de calcio a la zona de neutralización, se utilizan válvulas manuales ubicadas en la parte inferior, siendo controlados mediante abertura por la cantidad de hilos helicoidales.



Fuente: Elaboración propia

**Recomendación:** Automatizar la descarga de la lechada de cal en función al prendido y apagado de la bomba de agua ácida, que llena al tanque 200-TK-2, con la medición de niveles en el tanque 200-TK-3.

#### **d.4 NEUTRALIZACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS**

##### **d.4.1 TANQUE 1 DE NEUTRALIZACIÓN (200-TK-02)**

La neutralización de las aguas ácidas  $173 \text{ m}^3/\text{h}$  se inicia en el tanque 1 de neutralización 200-TK-02, mediante la adición de la solución de lechada de cal  $9.63 \text{ m}^3/\text{h}$ , con densidad variable de  $1.10 - 1.15 \text{ TM}/\text{m}^3$ , proveniente del tanque 100-TK-01, para que la mezcla sea homogénea se agita con un agitador tipo hélice y para que esté suspendida se insufla aire comprimido y dado las condiciones se inicia la oxidación de los metales.

**Figura N° 52:** Oxidación de los metales durante la neutralización en el tanque 200-TK-02.



Fuente: Elaboración propia

#### **d.4.2 TANQUE 2 DE NEUTRALIZACIÓN (200-TK-03)**

Luego la solución en plena neutralización, pasa al tanque 2 de neutralización tanque 200-TK-3, para completar la neutralización y alcanzar un pH de 9.00 – 9.50, en este tanque también está acompañado de agitación y aireación.

**Figura N° 53:** Durante la neutralización se tiene dos tanques, de 80 m<sup>3</sup> de capacidad, donde en el primer tanque 200-TK-02, se presenta el proceso de oxidación con ayuda del agitador y aireación y pasa al segundo casi directo por el tubo de la parte superior, sin tener buena mezcla y tampoco buen tiempo de residencia.



Fuente: Elaboración propia

**Recomendación:** Se tendría que hacer una mejora en cuanto a la dirección del flujo de la solución de agua ácida en proceso de neutralización (agua ácida + lechada de cal), del tanque 200-TK-02 al 200-TK-03, haciendo que la solución en neutralización del 200-TK-02 fluya por la parte inferior y luego subiría por un tubo externo hasta el borde superior del tanque 200-TK-03, para continuar su recorrido diseñado, con resultados de oxidación de metales de mayor tiempo de residencia, con mayor mezcla para la ocurrencia de reacciones químicas y precipitación de los metales en su posterior decantación.

#### **d.4.3 BOMBEO DE AGUA NEUTRALIZADA**

Para el bombeo de agua ácida neutralizada, previamente se descarga a la poza de agua ácida neutralizada de 30 m<sup>3</sup> de capacidad. Se descarga mediante una válvula helicoidal. Se tiene el cuidado en la poza de agua que se rebalse o se quede sin agua, se trabaja generalmente a 6 hilos.

**Sugerencia:** Automatizar la válvula con sensores de llenado y vaciado teniendo en cuenta los niveles superior e inferior. El bombeo se realiza hasta la planta de tratamiento de aguas ácidas y/o relavera Ocroyoc con un caudal de 180 m<sup>3</sup>/h y pH de 9.00 – 9.50.

**Figura N° 54:** Se observa el sentido de la dirección del flujo de descarga de la solución de agua ácida neutralizada, por la parte inferior del tanque 200-Tk-03, utilizando válvula manual que tiene dos fines, descargar al tanque de agua ácida neutralizada de 30 m<sup>3</sup> y evitar que el agua se rebalse del tanque.





Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 55:** Se observa el sentido y dirección del flujo de agua ácida neutralizada, desde el tanque de 30 m<sup>3</sup>, hacia la relavera Ocroyoc o planta de Tratamiento de aguas ácidas de EA Cerro SAC.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 56:** Poza o tanque de agua acida neutralizada, donde se observa el sentido y dirección de bombeo hacia la relavera Ocroyoc.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 57:** Se observa la pantalla del pHmetro con 9.22 pH, estando en el rango de 9.00 - 9.50.



Fuente: Elaboración propia



#### d.4.4 BOMBEO DE AGUAS ÁCIDAS

Se bombea aguas ácidas para la neutralización un caudal alrededor de 173 m<sup>3</sup>/h, con la finalidad de elevar el pH de 2.00 – 3.00 hasta 9.00 – 9.50. Para la mejora continua automatizar el bombeo de agua ácida, instalando un contactor inteligente de prender y apagar de la bomba de agua ácida, relacionado con la altura superior e inferior del nivel de la solución neutralizada en el tanque 2 de neutralización 200-TK-03 e interconectada con la válvula de salida de la lechada de cal (en los puntos rojos). Luego instalar una bomba de contingencia debe estar listo para el arranque (stand by).

**Figura N° 58:** Para la mejora continua, instalar un contactor inteligente de encendido y apagado de la bomba de agua ácida, en el punto rojo, salvo mejor parecer.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 59:** Para la mejora continua, instalar una válvula inteligente en la descarga del tanque 100-TK-01, para abrir de acuerdo a la necesidad de lechada de cal en el primer tanque de neutralización 200-TK-02



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 60:** Para la mejora continua, es necesario instalar 2 sensores en el tanque 200-TK-03. El sensor superior para enviar mensaje de llenado de tanque y se apague la bomba de agua ácida. El sensor inferior para enviar mensaje de encendido de la bomba ácida para el llenado del 200-TK-02



Fuente: Elaboración propia



#### **d.4.5 MEDICIÓN DE NIVELES DE AGUA DE LA RELAVERA QUIULACOCHA**

En el punto de medición del nivel del tirante de las aguas de la relavera Quiulacocha, ejemplo -124.50 cm. Se hizo la mejora instalando una plataforma y gradas, para minimizar el riesgo por caída de personas al ingresar a tomar datos, asimismo para que la medición sea más precisa.

**Figura N° 61:** Regleta para medir el nivel de las aguas a 3 m de la orilla, dificulta la lectura. (antes).



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 62:** Regleta para medir el nivel de las aguas a 3 m de la orilla con escalinata y plataforma de madera, a costo del autor, mejora la lectura. (Después).



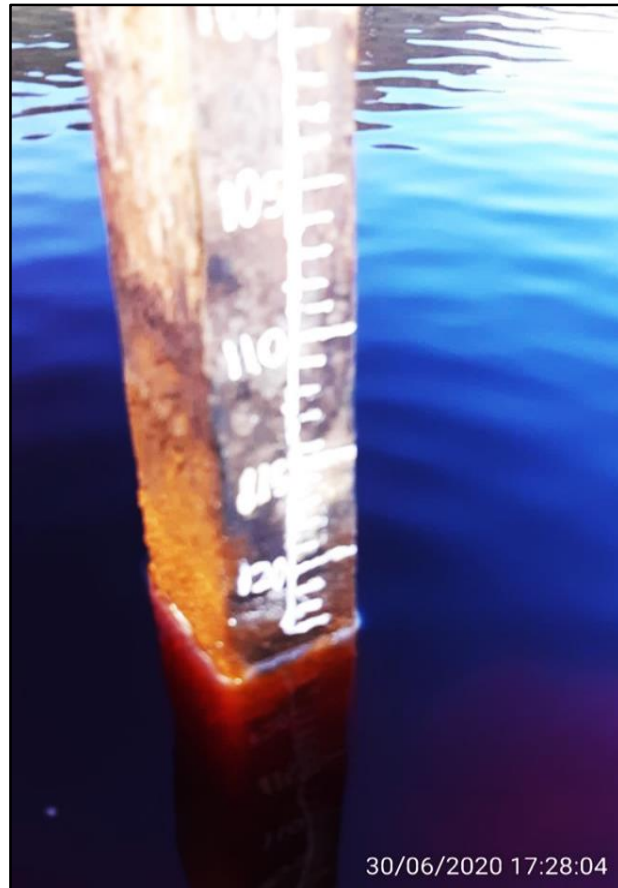
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 63:** Regleta para medir el nivel de las aguas a 3 m de la orilla con escalinata y plataforma de madera, con llegada in situ por el autor.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 64:** Regleta para medir el nivel de las aguas a 3 m de la orilla con escalinata y plataforma de madera, con llegada in situ por el autor, con lectura clara y precisa de -124 cm. Aporte de la mejora continua del investigador.



Fuente: Elaboración propia

Se hizo mejoras para la toma de datos del nivel de agua ácida en el canal de succión de agua ácida -34.50 cm que tiene una relación directa con el nivel del tirante, se puso una regla de plástico con CERO al nivel del muro, numerado encima del cero y debajo del cero, con la finalidad de evitar usar cinta métrica cada vez que se toma los datos, asimismo se toma datos más precisos y minimizar el riesgo por caída de personas. Aporte de la mejora continua del investigador.

**Figura N° 65:** Necesidad de regleta para medir el nivel de agua ácida en el canal de succión de agua ácida, como se observa el nivel del agua está encima del muro del canal. (antes).





Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 66:** Instalación de la regleta para medir el nivel de agua ácida en el canal de succión de agua ácida. (durante)



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 67:** Se instaló la regleta con la finalidad de medir el nivel de agua ácida en el canal de succión consistente en una regla de plástico con CERO al nivel del muro, numerado encima del cero y debajo del cero, con la finalidad de que la toma de datos sea más precisa y minimizar riesgos por caída de personas. Aporte de la mejora continua del investigador. Se observa la lectura en la regleta - 34.50 cm, es decir debajo del muro superior.



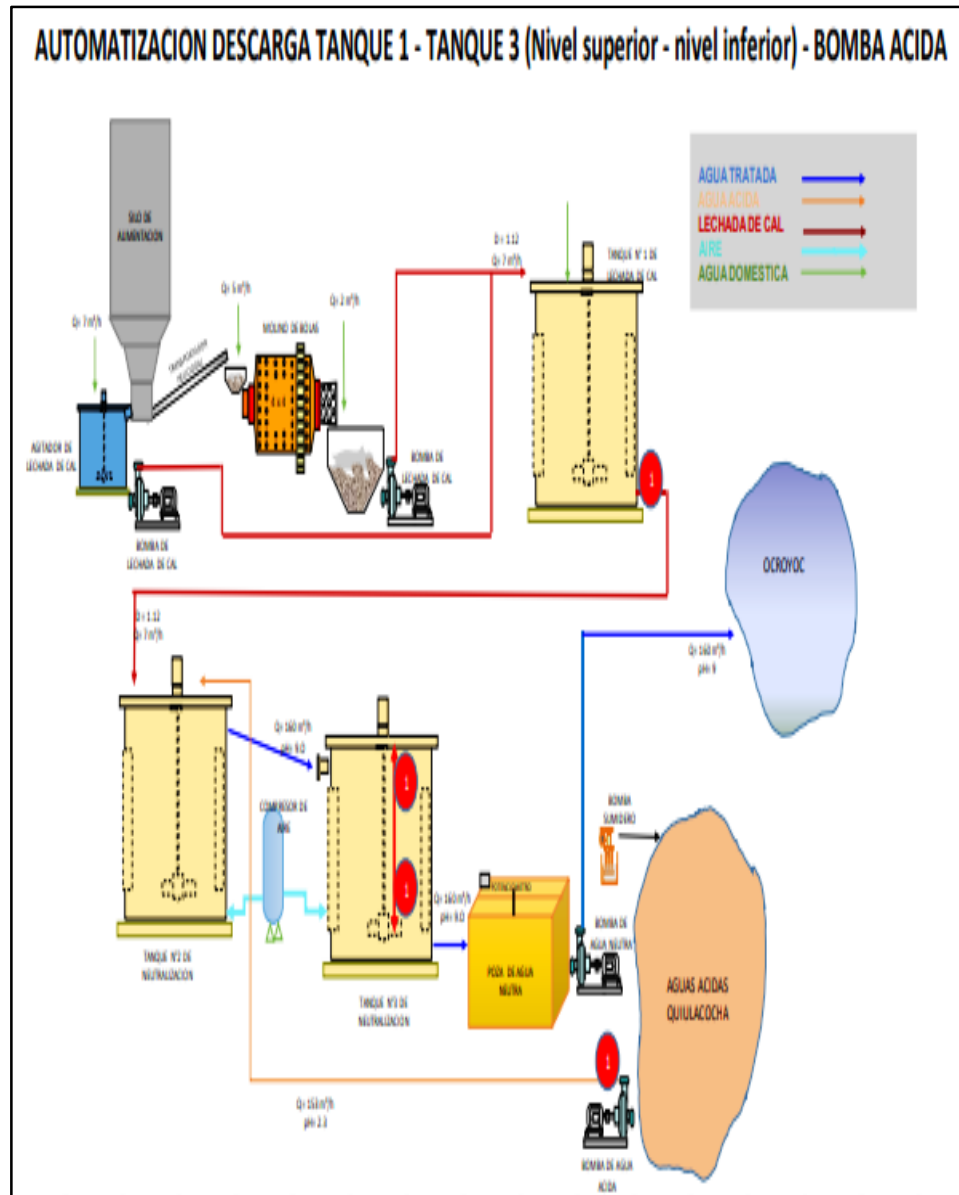
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. Descripción de equipos

En el tanque de lechada de cal 100-TK-01, se debe automatizar la válvula de descarga, en función al encendido y apagado de la bomba de agua ácida y ésta en función al nivel de rebose y nivel inferior encima de la hélice del tanque 200-TK-03. (Todos los marcados con 1).

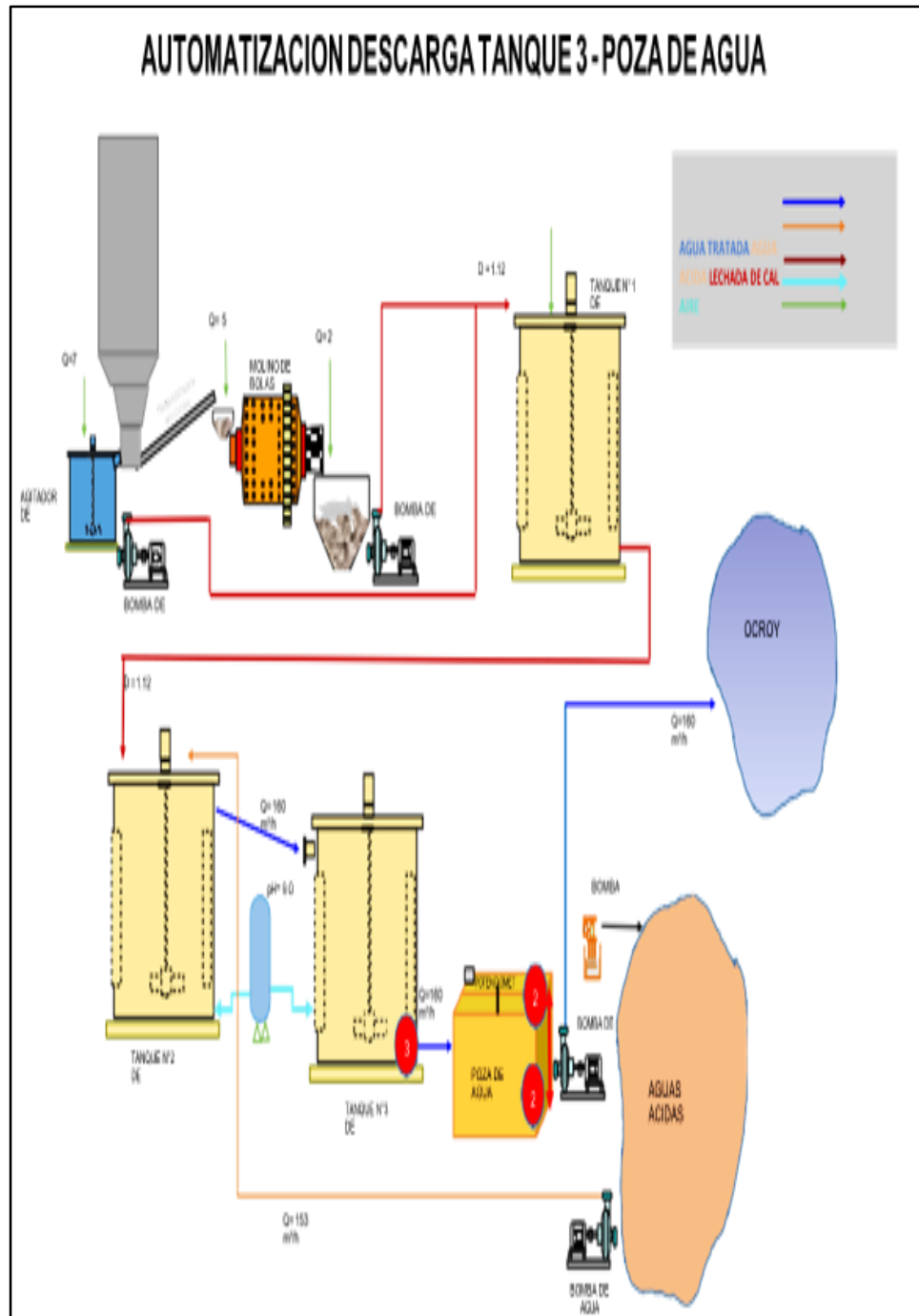
**Figura N° 68:** Ver las recomendaciones de automatización, en los puntos marcados con 1 de color rojo, especialmente automatizando la válvula de descarga en el tanque 100-TK-01.





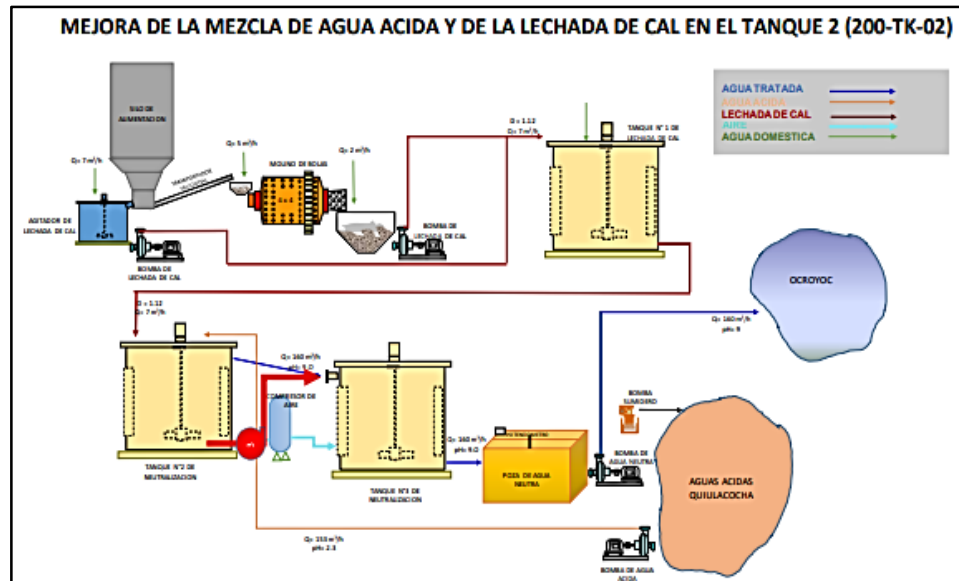
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 69:** En el tanque 2 de neutralización 200-TK-03, automatizar la válvula de descarga hacia la poza de agua neutralizada, la graduación de salida y cierre debe estar en función de los niveles superior e inferior es decir del rebose y cercanía al tubo de succión de la bomba de agua neutralizada hacia la relavera Ocroyoc o Planta de ácidos de la Empresa Administradora Cerro SAC. (marcados con 2).



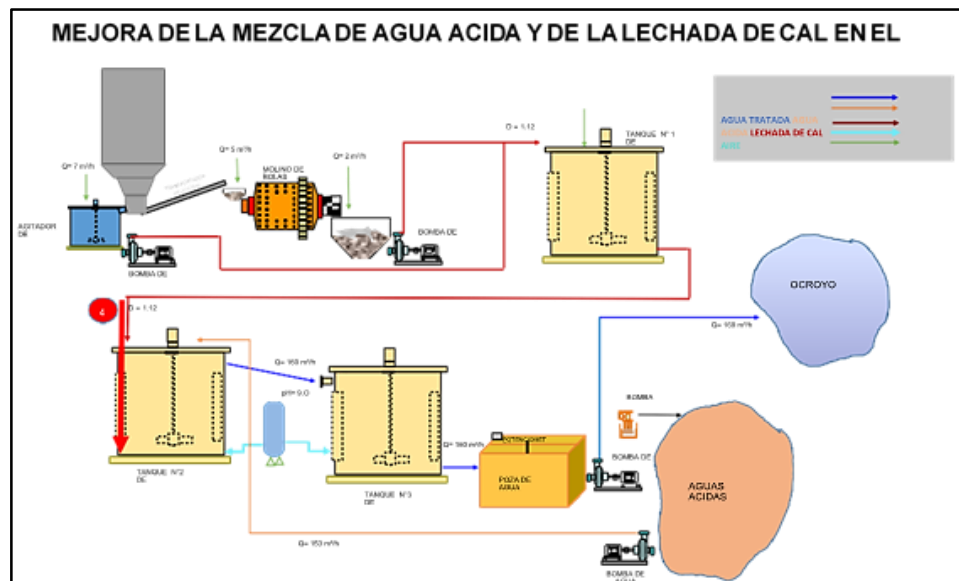
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 70:** Mejorar la eficiencia de la mezcla de lechada de cal y agua ácida en el tanque 200-TK-02, haciendo que el descargue sea por la parte inferior, aunque, es difícil sea por gravedad, pudiendo instalar una bomba o probar el tubo de ingreso sea hasta la parte inferior (marcado de color rojo marcado con 3 y 4).



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 71:** La buena mezcla se puede garantizar suficiente con la llegada del flujo al borde del tanque 200-TK-02, obviando la llegada de la tubería al fondo de este tanque.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 72:** Instalar una bomba adicional como stand by para el bombeo de agua ácida, para garantizar la continuidad.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 73:** Instalar una bomba adicional modo stand by para el bombeo de agua neutralizada para garantizar la continuidad.



Fuente: Elaboración propia




**Figura N° 74:** Encerrar la Poza de sumidero, con barandas y colocar escaleras de gato para realizar los trabajos de limpieza y garantizar el buen manejo de riesgos y evitar accidentes de trabajo.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Resultados

**Tabla N° 2:** Control de consumo de cal hidratada; junio de 2020

		<b>Consumo de Cal Formulario</b>							Propietario: G.O Código : AM-GO-C-F-07.01 Versión : 04 Fecha : 24/02/17 Página : 1 de 1								
Mes:		Junio 2020		Zona: PLANTA DE NEUTRALIZACION-QUIULACOCHA													
Fecha	Stock inicial (Kg)	Ingreso (Kg)	Guardia	Consumo de Cal (Kg)			Consumo/ Guardia (Kg/día)	Consumo/día (Kg)	Stock final (Kg)	OBSERVACIONES	CONTROL DE PESOS (Kg/Saco)						
				SILO	SACOS (BIG BAG)						1	2	3	4	5	Pro medio	LO TE
1-Jun	46500	15000	Día	12000	16	12000	12000	49500	Jorge Alvarez, 15.00 TM Guia 001 - 00000554 Lote 01 Calera Rebeca SAC A. Bastidas Tocasca								
			Noche	0	0	0											
2-Jun	49500		Día	12000	16	12000	12000	37500	Jorge Alvarez A. Bastidas Tocasca								
			Noche	0	0	0											
3-Jun	37500	51000	Día	13500	18	13500	13500	75000	Jorge Alvarez, 12.00 TM Guia 001 - 00000555 Lote 02 y 9.00 TM Guia 001 - 00000556 Lote 03 Calera Rebeca SAC, 30.0 TM Guia 001 - 00000854 Lote 56 de Industria Minera Calcareo								
			Noche	0	0	0											



									A. Bastidas Tocasca										
4-Jun	75000		Día	15000	20	15000	15000	60000	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				A. Bastidas Tocasca									
5-Jun	60000	26250	Día	15000	20	15000	15000	71250	Jorge Alvarez: 26.25 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001 - 00000855 Lote 57 de Industria Minera Calcarea David Carhuaz S.									
6-Jun	71250		Día	13500	18	13500	13500	57750	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
7-Jun	57750		Día	15000	20	15000	15000	42750	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
8-Jun	42750	21000	Día	9000	12	9000	9000	54750	Jorge Alvarez, 21.00 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001 - 00000558 Lote 04 Calera Rebeca SAC David Carhuaz S.									
9-Jun	54750		Día	6750	9	6750	6750	48000	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
10-Jun	48000	30000	Día	13500	18	13500	13500	64500	Jorge Alvarez: 30.00 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001 - 00000856 Lote 01 -OC de Industria Minera Calcarea David Carhuaz S.									
11-Jun	64500	26250	Día	15000	20	15000	15000	75750	Jorge Alvarez: 26250 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001 - 00000857 Lote 02 -OS de Industria Minera Calcarea David Carhuaz S.									
12-Jun	75750		Día	15000	20	15000	15000	60750	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
13-Jun	60750	16500	Día	15000	20	15000	15000	62250	Jorge Alvarez: 11.25 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001 - 00000561 Lote 05 Calera Rebeca SRL y 5.25 TM Guia 001 - 00000562 Lote 01 Calera Rebeca SAC David Carhuaz S.									
14-Jun	62250		Día	15000	20	15000	15000	47250	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
15-Jun	47250		Día	15000	20	15000	15000	32250	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				David Carhuaz S.									
16-Jun	32250	21000	Día	15000	20	15000	15000	38250	Jorge Alvarez: 21.0 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 003-001422 Calera Rebeca SRL David Carhuaz S.									
17-Jun	38250	12000	Día	12000	16	12000	12000	38250	Jorge Alvarez: 12.0 TM										
			Noche	0	0	0				Guia 001-00000563 Calera Rebeca SRL A. Bastidas Tocasca									
18-Jun	38250		Día	12000	16	12000	12000	26250	Jorge Alvarez										
			Noche	0	0	0				A. Bastidas Tocasca									
19-Jun	26250	21000	Día	12000	16	12000	12000	35250	David Carhuaz: 21.0 TM										
			Noche		0	0				Guia 001-00000565 Calera Rebeca SRL A. Bastidas Tocasca									
20-Jun	35250	9000	Día	0	0	0	0	44250	David Carhuaz: 09.0 TM										
			Noche		0	0				Guia 001-00000566 Calera Rebeca SRL A. Bastidas Tocasca									
21-Jun	44250		Día	0	0	0	0	44250	David Carhuaz S.										
			Noche		0	0				A. Bastidas Tocasca									
22-Jun	44250		Día	6000	8	6000	6000	38250	David Carhuaz S.										
			Noche		0	0				A. Bastidas Tocasca									
23-Jun	38250		Día	6000	8	6000	6000	32250	David Carhuaz S.										
			Noche		0	0				A. Bastidas Tocasca									
24-Jun	32250		Día	6000	8	6000	6000	26250	David Carhuaz S.										
			Noche		0	0				A. Bastidas Tocasca									

25-Jun	26250		Día	6000	8	6000	6000	20250	David Carhuaz S. A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
26-Jun	20250		Día	6000	8	6000	6000	14250	David Carhuaz S. A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
27-Jun	14250		Día	6000	8	6000	6000	8250	David Carhuaz S. A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
28-Jun	8250		Día	6000	8	6000	6000	2250	David Carhuaz S. A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
29-Jun	2250	12000	Día	12000	16	12000	12000	2250	David Carhuaz: 12.0 TM Guia 001-00000570 Calera Rebeca SRL A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
30-Jun	2250	21000	Día	6000	8	6000	6000	17250	David Carhuaz: 21.0 TM Guia 001-00000572 Calera Rebeca SRL A. Bastidas Tocasca										
			Noche		0	0													
										<b>STOCK DIFERENCIADO</b>									
<b>STOCK ANTERIOR (Kg)</b>			<b>INGRESO (Kg)</b>			<b>CONSUMO</b>			<b>STOCK FINAL (Kg)</b>			<b>SILO (Kg)</b>		<b>SACOS (Kg)</b>					
46500			282000			311250			17250			0		0.00					
									23			SACOS							

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 3:** Control de variables en la Planta de Tratamiento de neutralización de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacochoa.

FECHA	TURNO	DATOS LAGUNA		CONTROL DE pH		ENTRADA DE AGUA ACIDA			SALIDA DE AGUA NEUTRALIZADA			CONSUMO DE SOLUCION DE CAL					PREPARACION DE SOLUCION DE CAL					OBSERVACIONES DE PREPARACION DE LECHADA DE CAL Y BOMBEO DE AGUAS NEUTRAS
		Nivel	pH Laguna	pH COMPOSITO PLANTA	pH COMPOSITO VOLCAN	FLUJO (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO (hrs)	VOLUMEN BOMBEO (m <sup>3</sup> )	FLUJO (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO (hrs)	VOLUMEN BOMBEO (m <sup>3</sup> )	DENSIDAD DEL 100-TK-01 (TN/m <sup>3</sup> )	FLUJO (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO (hrs)	VOLUMEN BOMBEO (m <sup>3</sup> )	DENSIDAD DEL MOLINO (TN/m <sup>3</sup> )	FLUJO (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO (hrs)	VOLUMEN BOMBEO (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE CAL (T/M)		
																					AGUA TRATADA/ NEUTRALIZADA (pH)	
1/06/2020	DIA	0.00	2.88	9.04	0.00	173.00	11.00	1903.00	180.00	11.00	1980.00	1.11	9.15	11.00	100.65	1.14	9.18	6.00	55.08	6.00	Se bombea a Quiulacochoa por 11 horas	
	NOCHE	0.00	2.86	9.03	0.00	173.00	5.00	865.00	180.00	5.00	900.00	1.11	9.18	5.00	45.90	1.15	9.28	6.00	55.68	6.00	Se bombea a Quiulacochoa por 5 horas	
2/06/2020	DIA	0.00	2.89	9.06	0.00	173.00	11.00	1903.00	180.00	11.00	1980.00	1.11	9.22	11.00	101.42	1.16	9.37	6.00	56.22	6.00	Se bombea a Quiulacochoa por 11 horas	
	NOCHE	0.00	2.95	9.02	0.00	173.00	5.00	865.00	180.00	5.00	900.00	1.11	9.20	5.00	46.00	1.17	9.41	6.00	56.46	6.00	Se bombea a Quiulacochoa por 5 horas	
3/06/2020	DIA	0.00	2.89	9.03	0.00	173.00	12.00	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.11	9.34	12.00	112.08	1.15	9.46	6.75	63.86	6.75	Se bombea a Quiulacochoa por 12 horas	
	NOCHE	0.00	2.90	9.02	0.00	173.00	6.00	1038.00	180.00	6.00	1080.00	1.11	9.42	6.00	56.52	1.12	9.47	6.75	63.92	6.75	Se bombea a Quiulacochoa por 6 horas	
4/06/2020	DIA	0.00	2.92	9.04	0.00	173.00	12.00	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.10	9.38	12.00	112.56	1.15	9.58	7.52	72.04	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 12 horas	
	NOCHE	0.00	2.90	9.02	0.00	173.00	8.00	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.47	8.00	75.76	1.15	9.50	7.52	71.44	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 08 horas	
5/06/2020	DIA	0.00	2.91	9.01	0.00	173.00	12.00	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.11	9.38	12.00	112.56	1.13	9.33	7.50	72.04	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 12 horas	
	NOCHE	0.00	2.81	9.03	0.00	173.00	8.00	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.47	8.00	75.76	1.14	9.45	7.50	71.44	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 08 horas	
6/06/2020	DIA	0.00	2.90	9.02	0.00	173.00	10.00	1730.00	180.00	10.00	1800.00	1.11	9.33	10.00	93.30	1.15	9.61	7.50	72.08	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 10 horas	
	NOCHE	0.00	2.88	9.01	0.00	173.00	8.00	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.40	8.00	75.20	1.14	9.66	6.00	57.96	6.00	Se bombea a Quiulacochoa por 08 horas	
7/06/2020	DIA	0.00	2.86	9.03	0.00	173.00	10.00	1730.00	180.00	10.00	1800.00	1.10	9.30	10.00	93.00	1.15	9.30	7.50	72.04	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 12 horas	
	NOCHE	0.00	2.89	9.02	0.00	173.00	8.00	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.41	8.00	75.28	1.13	9.44	7.50	71.44	7.50	Se bombea a Quiulacochoa por 08 horas	
8/06/2020	DIA	-1.00	2.88	9.03	0.00	173.00	12.00	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.10	9.50	12.00	114.00	1.14	9.43	9.00	84.87	9.00	Se bombea a Quiulacochoa por 12 horas	
	NOCHE	-2.00	0.00	0.00	0.00	173.00	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Se bombea a Quiulacochoa por 0 horas	
9/06/2020	DIA	-2.50	2.83	9.05	0.00	173.00	9.00	1557.00	180.00	9.00	1620.00	1.11	9.61	9.00	86.49	1.16	9.43	6.75	63.65	6.75	Se bombea a Quiulacochoa por 9 horas	
	NOCHE	-3.00	0.00	0.00	0.00	173.00	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Se bombea a Quiulacochoa por 0 horas	

10/06/2020	DIA	-3.50	-97.90	2.78	9.03	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.58	12.00	114.96	1.15	9.63	9.00	86.67	9.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-4.50	-98.20	2.82	9.05	0.00	173.0	6.0	1038.00	180.00	6.0	1080.00	1.11	9.66	6.00	57.96	1.14	9.46	4.50	42.57	4.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 6 horas
11/06/2020	DIA	-6.00	-99.00	2.89	9.04	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.60	12.00	115.20	1.15	9.31	7.50	69.83	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-7.00	100.00	2.88	9.03	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	1440.00	1.10	9.62	8.00	76.96	1.14	9.35	7.50	70.13	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
12/06/2020	DIA	-7.70	100.70	2.86	9.04	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.11	9.62	12.00	115.44	1.16	9.28	7.50	69.60	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-8.00	101.00	2.87	9.02	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.60	8.00	76.80	1.14	9.33	7.50	69.98	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
13/06/2020	DIA	-9.00	101.90	2.87	9.04	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.63	12.00	115.56	1.15	9.23	7.50	69.23	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-10.00	103.00	2.85	9.03	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	1440.00	1.11	9.58	8.00	76.64	1.16	9.27	7.50	69.53	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
14/06/2020	DIA	-11.00	103.50	2.89	9.02	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.44	12.00	113.28	1.15	9.22	7.50	69.15	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-11.50	104.50	2.88	9.01	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	1440.00	1.10	9.47	8.00	75.76	1.14	9.23	7.50	69.23	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
15/06/2020	DIA	-12.00	104.70	2.78	9.04	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.10	9.32	12.00	111.84	1.17	9.26	7.50	69.45	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-13.00	105.00	2.76	9.05	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	1440.00	1.11	9.41	8.00	75.28	1.15	9.27	7.50	69.53	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
16/06/2020	DIA	-13.50	106.00	2.77	9.04	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.00	2160.00	1.10	9.36	12.00	112.32	1.17	9.30	7.50	69.75	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-14.00	106.50	2.79	9.05	0.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.00	1440.00	1.11	9.45	8.00	75.60	1.16	9.20	7.50	69.00	7.50	Se bombea a <del>00000000</del> por 08 horas
17/06/2020	DIA	-14.00	106.80	2.80	9.03	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.40	12.00	112.80	1.15	9.33	6.00	55.98	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-14.50	107.50	2.78	9.04	0.00	173.0	4.0	692.00	180.00	4.0	720.00	1.11	9.46	4.00	37.84	1.16	9.28	6.00	55.68	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 04 horas
18/06/2020	DIA	-15.00	108.20	2.76	9.03	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.63	12.00	115.56	1.17	9.30	6.00	55.80	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-15.50	109.00	2.75	9.02	0.00	173.0	4.0	692.00	180.00	4.0	720.00	1.11	9.60	4.00	38.40	1.16	9.34	6.00	56.04	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 04 horas
19/06/2020	DIA	-18.00	109.60	2.75	9.01	0.00	173.0	12.0	2076.00	180.00	12.0	2160.00	1.11	9.63	12.00	115.56	1.17	9.30	6.00	55.80	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 12 horas
	NOCHE	-18.50	110.00	2.75	9.02	0.00	173.0	4.0	692.00	180.00	4.0	720.00	1.11	9.60	4.00	38.40	1.16	9.34	6.00	56.04	6.00	Se bombea a <del>00000000</del> por 04 horas
20/06/2020	DIA	-19.20	110.20	2.75	0.00	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeo a <del>00000000</del> por mantenimiento de PTNAARQ
	NOCHE	-19.60	110.50	2.75	0.00	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeo a <del>00000000</del> por mantenimiento de PTNAARQ

21/06/2020	DIA	-20.00	110.80	-	2.75	0.00	173.0	0.0	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b> por mantenimiento de <b>PTNAARQ</b>	0.00	
	NOCHE	-20.50	111.00	-	2.75	0.00	173.0	0.0	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b> por mantenimiento de <b>PTNAARQ</b>	0.00
22/06/2020	DIA	-21.50	113.00	-	2.75	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.00	8.00	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.16	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-22.00	113.50	-	2.75	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
23/06/2020	DIA	-23.00	114.50	-	2.74	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.00	8.00	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.16	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-23.00	115.00	-	2.74	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
24/06/2020	DIA	-24.00	115.50	-	2.75	9.01	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	8.0	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.15	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-24.30	116.00	-	2.75	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
25/06/2020	DIA	-25.00	117.00	-	2.74	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	8.0	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.15	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-25.00	117.00	-	2.74	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
26/06/2020	DIA	-28.00	118.00	-	2.73	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	8.0	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.15	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-28.20	118.00	-	2.73	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
27/06/2020	DIA	-30.00	119.50	-	2.73	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	8.0	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.15	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-30.50	120.00	-	2.73	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
28/06/2020	DIA	-31.00	121.00	-	2.72	9.00	173.0	8.0	1384.00	180.00	8.0	8.0	1440.00	1.11	9.63	8.00	8.00	77.04	1.15	9.28	5.00	46.40	6.00	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 08 horas	6.00
	NOCHE	-31.00	121.00	-	2.72	0.00	173.0	0.0	0.00	180.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No se bombeó a <b>Qcctoyoc.</b>	0.00
29/06/2020	DIA	-33.00	122.50	-	2.72	9.01	173.0	11.0	1903.00	180.00	11.0	11.0	1980.00	1.11	9.63	11.00	11.00	105.93	1.15	9.28	6.00	55.68	7.20	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 11 horas	7.20
	NOCHE	-33.50	123.00	-	2.72	9.00	173.0	5.0	865.00	180.00	5.0	5.0	900.00	1.11	9.63	5.00	5.00	48.15	1.15	9.28	4.00	37.12	4.80	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 05 horas	4.80
30/06/2020	DIA	-34.00	124.00	-	2.72	9.02	173.0	3.0	519.00	180.00	3.0	3.0	540.00	1.11	9.63	7.00	7.00	67.41	1.15	9.28	2.00	18.56	2.15	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 07 horas	2.15
	NOCHE	-34.50	124.50	-	2.72	9.00	173.0	5.0	865.00	180.00	5.0	5.0	900.00	1.11	9.63	5.00	5.00	48.15	1.15	9.28	3.50	32.48	3.85	0.00	Se bombea a <b>Qcctoyoc.</b> por 05 horas	3.85
RESUMEN					2.71	9.02	173.00	413.00	71449.00	180.00	413.00	74340.00	1.11		417.00		3957.56	1.15		301.79	2827.81	311.250				

Fuente: Elaboración propia



### **4.2.3. Resultados**

Nivel en el canal de succión: - 34.50 cm

Nivel del tirante de la relavera Quiulacocha: 124.50 cm.

#### **Control de pH:**

- pH promedio de las aguas ácidas de la relavera Quiulacocha: 2.71
- pH promedio de las aguas neutralizadas: 9.02

#### **Entrada de agua ácida:**

- Flujo promedio de entrada de agua ácida: 173 m<sup>3</sup>/h
- Tiempo bombeado: 413 horas
- Volumen bombeado: 71,449 m<sup>3</sup>

#### **Salida de agua neutralizada:**

- Flujo promedio de salida de agua neutralizada: 180 m<sup>3</sup>/h
- Tiempo bombeado: 413 horas
- Volumen bombeado: 74,340 m<sup>3</sup>

#### **Consumo de la solución de cal hidratada o solución hidróxido de calcio:**

- Densidad promedio del tanque 100-TK-01: 1.11 TM/m<sup>3</sup>
- Flujo: 9.49 m<sup>3</sup>/h
- Tiempo: 417 horas
- Volumen consumido: 3,957.56 m<sup>3</sup>

#### **Preparación de la solución de cal hidratada o solución hidróxido de calcio:**

- Densidad de descarga del molino: 1.15 TM/m<sup>3</sup>
- Flujo: 9.37 m<sup>3</sup>/h
- Tiempo: 301.79 horas
- Volumen bombeado: 2,827.81 m<sup>3</sup>
- Consumo de cal hidratada: 311,250 Kg

**Ratio:** 311,250 Kg/71,449 m<sup>3</sup> = 4.36 Kg/m<sup>3</sup>

<i>VOLUMEN H<sub>2</sub>O ACIDA (m<sup>3</sup>)</i>	<i>VOLUMEN H<sub>2</sub>O NEUTRA (m<sup>3</sup>)</i>	<i>pH PROMEDIO H<sub>2</sub>O NEUTRA</i>	<i>CONSUMO CAL (Kg)</i>	<i>Horas Operación (Hr.)</i>
71449	74340	9.02	311250	413

## CONCLUSIONES

1. Se recibió 282,000 kilos de hidróxido de Calcio en la Planta durante el mes de junio del 2020, de las empresas Industria Minera Calcárea, Calera Rebeca.
2. Al término del mes de junio se tiene un consumo total de hidróxido de calcio de 311,250 Kg. y un stock final de 17,250 Kg. para el siguiente mes.
3. El volumen de agua neutra bombeado hacia la Relavera de Ocroyoc es 74,340.00 m<sup>3</sup> y la ratio de consumo de hidróxido de calcio del mes es 4.36 Kg/m<sup>3</sup>
4. Los parámetros de laguna o relavera Quiulacocha tuvieron los siguientes comportamientos:
  - ❖ El tirante libre al inicio del mes de junio fue de -89.6 cm y al término del mes es -124.50 cm, ha disminuido en 34.9 cm el nivel de agua acida en la relavera Quiulacocha.
  - ❖ El nivel de la relavera en el canal de succión al inicio del mes de junio fue de 0.4 cm y al término del mes es de -34.50 cm, ha disminuido en 34.9 cm.
5. Se presume que se ha incrementado la concentración de metales y la acidez en las aguas de la relavera Quiulacocha.

## RECOMENDACIONES

1. Verificar el caudal de bombeo de agua neutralizada hacia Ocroyoc, mediante un flujómetro. Sería conveniente instalar un flujómetro fijo y sea parte del control, con la finalidad de recalcular el consumo del hidróxido de calcio. Asimismo, la calidad del agua neutralizada, la composición química detallada por lo menos con frecuencia mensual
2. Es conveniente contar con los resultados de la calidad del hidróxido de calcio o cal hidratada. Se presume que la calidad de la cal hidratada varía de acuerdo a los lotes y proveedor.
3. Es necesario conocer la calidad del agua ácida de la relavera Quiulacocha, la composición química detallada por lo menos con frecuencia mensual, se presume que a menor volumen de agua en la relavera existe mayor concentración de metales y de mayor acidez, actualmente se trabaja visualmente solo por el color del agua. Asimismo, se debe tener instalado un flujómetro.
4. Se necesita conocer el peso real de los sacos big bags, porque el tamaño varía de acuerdo al proveedor, es conveniente implementar una balanza de 01 TM para monitorear los pesos. Porque al realizar unos cálculos con la densidad aparente y la altura de llenado de los sacos big bags varían de 500 a 700 Kgs, no llegando a 750 Kg, está pendiente la comprobación.
5. Se necesita implementar un equipo multiparámetro de mayor capacidad de uso y rango, para monitorear aguas ácidas y aguas neutralizadas por lo menos con una frecuencia cada 12 horas.
6. Se necesita implementar de un pHmetro estacionario de mayor confiabilidad en la poza de agua neutralizada, además se puede incrementar un pHmetro estacionario

en el tanque 1 de neutralización 200-TK-02.

7. Para la descarga de los sacos big bags, el camión debe ingresar cerca de la zona de izaje y descargar utilizando tecles de grúa puente, por lo tanto, se debe adecuar los actuales e incrementar. El portón de acceso debe ser movibles a ambos lados, porque actualmente un lado es fijo y el otro móvil, es conveniente adecuar.
8. Todas estas automatizaciones deben mostrarse en la pantalla de un monitor y poder operar desde una sala, sin dejar de operar físicamente en el campo.
9. En caso de fugas en la red de tuberías de agua neutralizada, se debe automatizar en función al amperaje, porque el amperaje de la bomba de trabajo es 66 – 70 amperios, cuando ya es superior deben actuar alarma de sonido o luces para acción de apagado del circuito de bombeo o automatizar para el apagado y prevenir el derrame de agua neutralizada con lodo, evitando el impacto al medio ambiente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aduvire, O. (2006), Drenaje ácido de mina, generación y tratamiento, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España, 7-8, [http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258\\_0000001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf)
2. Aduvire, O. y Aduvire, H. (2005). Aguas ácidas de mina: caracterización, mineralogía y microbiología. Revista INGEOPRES 141. Madrid (España). 52-62.
3. Carhuaz, David; 04.06.2021 “Seminario por DIA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE”, Colegio de Ingenieros del Perú, CDP.
4. Carhuaz, David; 08.07.2020 “Informe de tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero Relavera Quiulacocha, mediante neutralización del pH-Pasco”, AMSAC.
5. López, E., Aduvire, O. y Baretino, D. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: Estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113 (1), pp. 1-19.
6. Medina, R (2018), Diseño y Operatividad de la Planta de neutralización de aguas ácidas de mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera Volcan S.A.A, Arequipa, Perú, tesis de grado en la UNSA.

## BIBLIOGRAFÍA

1. #ConflictMinerals, Los impactos de la minería, Barcelona, España, Justicia Pau, <http://conflictminerals.es/ca/els-impactes-de-la-minería/> Los impactos de la minería – Conflict Minerals
2. Aduvire, O. (2006), Drenaje ácido de mina, generación y tratamiento, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España, 7-8, [http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258\\_0000001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf)
3. Aduvire, O. y Aduvire, H. (2005). Aguas ácidas de mina: caracterización, mineralogía y microbiología. Revista INGEOPRES 141. Madrid (España). 52-62.
4. Aparicio, R., Mejía, A. e Ingol, E. (2014). *Tratamiento del drenaje ácido de mina mediante bacterias sulfatos reductores: Caso Minera Iscaycruz*. Lima – Perú.
5. Barreto, H (2016), Efecto de la dosificación de cal en la remoción del hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón – la Libertad, tesis de grado en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
6. Biglari, M., Krpan, N., Scharer, J. y Nicholson, R. (2003). Development of a kinetic model for biotic oxidation of pyrite/pyrrhotite on rocks surface. Mining and the Environment Conference, Sudbury '03, Ontario, Canada. 8pp.
7. Carhuaz, David; 04.06.2021 “Seminario por DIA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE”, Colegio de Ingenieros del Perú, CDP.
8. Carhuaz, David; 08.07.2020 “Informe de tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero Relavera Quiulacocha, mediante neutralización del pH-Pasco”, AMSAC.
9. Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad

Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (2008). *La influencia de la minería en la calidad de las aguas del río Santa (Huaraz 2008)*.

10. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
11. Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades mineras.
12. Jiménez, C (2018), Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de la mina mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno, tesis de grado en la Universidad Peruana Unión.
13. López, E., Aduvire, O. y Baretino, D. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: Estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113 (1), pp. 1-19.
14. Medina, R (2018), Diseño y Operatividad de la Planta de neutralización de aguas ácidas de mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera Volcan S.A.A, Arequipa, Perú, tesis de grado en la UNSA.
15. Ministerio de Energía y Minas. (2015). Guía para la elaboración de planes de cierre de pasivos ambientales mineros. Recuperado el 15 de enero del 2018, de 113.
16. Palomino, Paredes y Villanueva (2004); Biorremediación de Drenajes Ácidos de Mina (DAM) mediante el sistema de humedales”, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM). Tomado del IV Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia, 13-16 de Julio del 2005.

# **ANEXOS**


**Figura N° 75:** Informe de aprobación de la entidad donde se aplicó el trabajo de suficiencia profesional.

DAVID CARHUAZ SILVESTRE - PLANTA DE TRATAMIENTO POR NEUTRALIZACION DE AGUAS ACIDAS DE LA RELAVERA QUIULACOCHA

# INFORME

## TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO RELAVERA QUIULACOCHA MEDIANTE NEUTRALIZACIÓN DEL pH - PASCO

PASIVO AMBIENTAL MINERO: RELAVERA QUIULACOCHA.  
RESPONSABLE DE REMEDIACION: ACTIVOS MINEROS SAC  
ACTIVIDAD: MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE NEUTRALIZACION DE AGUAS ACIDAS DE LA RELAVERA QUIULACOCHA



A: ING. LUIS GUILLERMO RIOS - GERENTE GENERAL GRUPO MITRACON SAC  
POR: ING. DAVID WENCESLAO CARHUAZ SILVESTRE – JEFE DE GUARDIA

Quiulacocha, PASCO, PERU  
08 de julio 2020

GRUPO MITRACON S.A.C.  
LUIS E. GUILLERMO RIOS  
GERENTE GENERAL


Fuente: Elaboración propia




**Figura N° 76:** Aprobación del informe de APOORTE DE INNOVACION CIENTIFICA, para su aplicación en la optimización de procesos, parte de la mejora continua, que a la postre es el sustento del TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL para la obtención del TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL del Sr. David Wenceslao CARHUAZ SILVESTRE.

DAVID CARHUAZ SILVESTRE - PLANTA DE TRATAMIENTO DE NEUTRALIZACION DE AGUAS ACIDAS DE LA RELAVERA QUILACOCHA

14. Instalar una bomba adicional como stand by para el bombeo de agua neutralizada



15. Encerrar la Poza de sumidero, con barandas y colocar escaleras de gato para realizar los trabajos de limpieza.



Atentamente,

Ing. David Wenceslao Carhuaz Silvestre  
Cel. 933717877  
Email: dcarhuaz@yahoo.es

*Aprobado para su aplicación en la optimización de los procesos.*  
*Felicidades Ing° David Carhuaz.*

GRUPO NITRACION S.A.C.  
LUIS E. GUILLERMO RIOS  
GERENTE GENERAL

Fuente: Elaboración propia