

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y  
bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de  
Goyllarisquizga - 2021**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Jean Marco ESPEJO DE LA CRUZ**

**Asesor:**

**Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y  
bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de  
Goyllarisquizga – 2021**

**Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ  
PRESIDENTE**

---

**Mg. Lucio ROJAS VÍTOR  
MIEMBRO**

---

**Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA  
MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 145-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación de la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga -2021**

Apellidos y nombres de los tesisistas:

**Bach. ESPEJO DE LA CRUZ, Jean Marco**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. BASUALDO BERNUY, Miguel Ángel**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**9%**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 11 de diciembre del 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Recaus Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - INGENIERÍA

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mi madre, por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante.

También a mis hermanos, por brindarme su apoyo moral en esas noches que tocaba investigar y espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, le agradezco a mi madre que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, también es la que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarla.

Mis tíos Sixta y Santiago (Q.E.P.D), primos ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Agradecerles a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva, el viento.

Por último, agradecer a la UNDAC que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos.

## RESUMEN

El problema ambiental más significativo que afronta la actividad minera a nivel mundial es el drenaje ácido de mina, que se genera de la oxidación y lixiviación de materiales que contienen azufre y la tecnología única desarrollada, cuyo manejo ha demostrado ser un poderoso tratamiento de agua con la tecnología activa. En la actualidad y específicamente en el año 2021 Activos Mineros S.A.C viene realizando el tratamiento de aguas de mina y específicamente aguas acidas que viene de las labores antiguas de explotación de carbón, asimismo se conoce que este tratamiento se realiza con procesos activo, pero en la actualidad se desconocía su eficiencia y en su calidad de vertimiento hacia la quebrada Pucara y bocamina Azalía por lo que a continuación se detallara su evaluación de la calidad de agua de estos efluentes mineros.

Con la investigación se tiene como objetivo principal es evaluar la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021.

Los resultados de la investigación determino lo siguiente, en el túnel Pucara y bocamina Azalía se evacuan aguas ácidas que pasa de los límites máximos permisibles en el parámetro físico el pH en ambas fuentes y asimismo en los parámetros químicos en los parámetros de hierro disuelto pasa de los límites máximos permisibles y en la bocamina Azalía el zinc pasa de los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

El tratamiento de aguas acidas utilizada en el túnel Pucara y bocamina Azalía se aplica el método activo ello simboliza que se está utilizando reactivos químicos para el tratamiento como son hidróxido de calcio para la neutralización y floculantes que tiene el fin de precipitar los sólidos suspendidos totales y metales totales.

**Palabras claves:** Activos mineros, túnel Pucara y bocamina Azalía, aguas acidas hidróxido de calcio y floculantes.

## ABSTRACT

The most significant environmental problem facing mining activity worldwide is acid mine drainage, which is generated from the oxidation and leaching of sulfur-containing materials and the unique technology developed, whose management has proven to be a powerful water treatment with active technology. At present and specifically in the year 2021, Activos Mineros S.A.C has been carrying out the treatment of mine water and specifically acid water that comes from the old coal exploitation works, it is also known that this treatment is carried out with active processes, but currently its efficiency and quality of discharge into the Pucara stream and Azalía mine entrance was unknown, so its evaluation of the water quality of these mining effluents will be detailed below.

The main objective of the research is to evaluate the quality of mining effluents from the Pucará tunnel and Azalia mine entrance owned by Activos Mineros S.A.C in the Goyllarisquizga district -2021.

The results of the investigation determined the following: in the Pucara tunnel and Azalía entrance, acidic waters are evacuated that exceed the maximum permissible limits in the physical parameter pH in both sources and also in the chemical parameters in the parameters of dissolved iron it goes from the maximum permissible limits and at the Azalía mine entrance the zinc exceeds the maximum permissible limits of Supreme Decree No. 010-2010-MINAM.

The treatment of acid water used in the Pucara tunnel and Azalía entrance, the active method is applied, this symbolizes that chemical reagents are being used for the treatment, such as calcium hydroxide for neutralization and flocculants that have the purpose of precipitating the total suspended solids and total metals.

**Keywords:** Mining assets, Pucara tunnel and Azalía mine entrance, calcium hydroxide acid waters and flocculants.

## INTRODUCCIÓN

Con los resultados obtenidos lograremos tener en cuenta si las aguas de los efluentes mineros de las bocaminas de Pucara y Azalia cumplen con el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM (Límites máximos permisibles para la actividad minera). Asimismo, investigación ayudara a informar a las poblaciones de los distritos de Chacayán y Goyllarisquizga de la calidad de agua que viene vertiendo la empresa Activos Mineros S.A.C producto de la generación de aguas acidas en las bocaminas de Pucara y Azalia.

La investigación de tipo no experimental, según el autor (Santa Palella Stracuzzi, Feliberto Martins Pestana, 2010) define: El diseño no experimental “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación especifica si no que se observa las que existen” por lo tanto nuestra investigación es de tipo no experimental por qué evaluamos la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C para tener resultados que ayuda a prevenir el impacto ambiental negativo.

**El Autor.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE MAPAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema .....	2
1.3.1.	Problema general.....	2
1.3.2.	Problemas Específicos: .....	2
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo General: .....	3
1.4.2.	Objetivos Específicos:.....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	3
1.5.1.	Justificación teórica .....	3
1.5.2.	Justificación Metodológica.....	4
1.5.3.	Justificación Metodológica.....	4
1.5.4.	Justificación Ambiental.....	4

1.5.5.	Justificación Social .....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.1.1.	Antecedentes Internacional.....	5
2.1.2.	Antecedente a nivel nacional .....	7
2.1.3.	Antecedentes a nivel local.....	8
2.2.	Bases teóricas -Científicas .....	10
2.2.1.	Túnel Pucará y bocamina Azalia.....	10
2.2.2.	Efluentes mineros .....	10
2.2.3.	El origen de los efluentes de la minería .....	11
2.2.4.	Características de los efluentes de la minería .....	11
2.2.5.	Tratamiento de efluentes industriales en minería para reducir los contaminantes .....	12
2.2.6.	Métodos de tratamiento de efluentes industriales en minería .....	12
2.2.7.	Normativa aplicable a efluentes mineros .....	13
2.3.	Definición de los términos .....	14
2.3.1.	Límite Máximo Permisible (LMP).- .....	14
2.3.2.	Monitoreo de Efluentes Líquidos.- .....	14
2.3.3.	Parámetro. - .....	14
2.3.4.	Punto de Control de Efluentes Líquidos. - .....	15
2.3.5.	Programa de Monitoreo. - .....	15
2.4.	Formulación de hipótesis.....	15
2.4.1.	Hipótesis General .....	15
2.4.2.	Hipótesis Específicos .....	15

2.5.	Identificación de las variables.....	16
2.5.1.	Variable independiente .....	16
2.5.2.	Variable dependiente .....	16
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	17

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación.....	19
3.2.	Nivel de la investigación .....	19
3.3.	Métodos de investigación .....	20
3.4.	Diseño de la investigación .....	20
3.5.	Población y muestra .....	20
3.5.1.	Población y Muestra .....	20
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	20
3.6.1.	Técnicas .....	20
3.6.2.	Instrumentos .....	20
3.7.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos .....	21
3.8.	Tratamiento estadístico .....	21
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	21

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	22
4.1.1.	Ubicación a la zona de investigación.....	22
4.1.2.	Como llegar a la zona de investigación.....	22
4.1.3.	Proceso de tratamiento de agua en túnel Pucara y Bocamina Azalia ..	24
4.1.4.	Descripción de estaciones de monitoreo .....	29
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados. ....	33
4.2.1.	Resultados de calidad de agua- túnel Pucara.....	34

4.2.2. Resultados de calidad de agua- Bocamina Azalía .....	45
4.3. Prueba de hipótesis.....	57
4.4. Discusión de resultados .....	57
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Ubicación de la población de Goyllarisquizga .....	23
Mapa 2 Ubicación del túnel Pucara y Bocamina Azalia.....	24
Mapa 3 Estación de monitoreo- túnel Pucara.....	32
Mapa 4 Estación de monitoreo- bocamina Azalla .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas .....	13
Tabla 2: Operacionabilidad de variables e indicadores .....	17
Tabla 3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en Pucara y Azalia...	29
Tabla 4: Resultado de calidad física del agua del túnel Pucara.....	34
Tabla 5: Resultado de calidad química del agua del túnel Pucara .....	37
Tabla 6: Resultado de calidad física del agua de la bocamina Azalía .....	46
Tabla 7: Resultado de calidad química del agua de la bocamina Azalía .....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados de pH .....	34
Gráfico 2: Resultados de solidos suspendidos totales.....	35
Gráfico 3: Resultados de arsénico .....	38
Gráfico 4: Resultados de cadmio .....	39
Gráfico 5: Resultados de cobre.....	40
Gráfico 6: Resultados de cromo.....	41
Gráfico 7: Resultados de hierro disuelto.....	42
Gráfico 8: Resultados de mercurio .....	43
Gráfico 9: Resultados de plomo .....	44
Gráfico 10: Resultados de zinc .....	45
Gráfico 11: Resultados de pH .....	46
Gráfico 12: Resultados de solidos suspendidos totales.....	47
Gráfico 13: Resultados de arsénico .....	49
Gráfico 14: Resultados de cadmio .....	50
Gráfico 15: Resultados de cobre.....	51
Gráfico 16: Resultados de cromo.....	52
Gráfico 17: Resultados de hierro disuelto.....	53
Gráfico 18: Resultados de mercurio .....	54
Gráfico 19: Resultados de plomo .....	55
Gráfico 20: Resultados de zinc .....	56

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Monitoreo en la estación E-604.....	30
Imagen 2: Monitoreo en la estación E-604 A.....	30
Imagen 3: Monitoreo en la estación E-604 B.....	31
Imagen 4: Monitoreo en la estación E-608.....	31
Imagen 5: Monitoreo en la estación E-608 A.....	32

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

“El problema ambiental más importante que enfrenta la industria minera a nivel mundial es el drenaje ácido de mina, que surge de la oxidación y lixiviación de materiales que contienen azufre y la tecnología única desarrollada, cuyo manejo ha demostrado ser un poderoso tratamiento de agua con la tecnología activa” (Congreso de la República del Perú, 2001).

“Los efluentes mineros pueden ser muy ácidos y contener un alto porcentaje de sólidos en suspensión. Es común ver contaminación con compuestos orgánicos, metales, metales pesados y no metales como arsénico, hierro y manganeso. En algunas minas, especialmente de carbón, las aguas residuales pueden contener una salinidad inaceptable y necesitan ser desalinizadas. Así como las aguas residuales de la minería pueden ser muy diferentes, las estrategias de tratamiento también pueden ser diferentes, a menudo involucrando varias etapas y tecnologías diferentes” (Team, Fluence News, 2020).

“El proyecto derivado del PAMA de CENTROMIN fue el cierre del Túnel Pucará y Bocamina Azalia de la Mina Goyllarisquizga, sin limitación, en la labor de remediación que se encontraba a cargo de CENTROMIN, constituyéndose en remediador de los Pasivos Ambientales Túnel Pucará y Bocamina Azalia. En función a ello, Activos Mineros S.A.C está obligado a cumplir con el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, la Ley General del Ambiente, Reglamento de Protección Ambiental en la Actividad Minero-Metalúrgica y el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera” (OEFA, 2015).

En la actualidad y específicamente en el año 2021 Activos Mineros S.A.C viene realizando el tratamiento de aguas de mina y específicamente aguas acidas que viene de las labores antiguas de explotación de carbón, asimismo se conoce que este tratamiento se realiza con procesos activos pero en la actualidad se desconoce su eficiencia y en su calidad de vertimiento hacia la quebrada Pucara por lo que a continuación se detallara su evaluación de la calidad de agua de estos efluentes mineros.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación se realizará en la zona de Pucara y Azalia ubicado en el distrito minero de Goyllarisquizga.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021?

### **1.3.2. Problemas Específicos:**

1. ¿Cuál es la calidad de física y química de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021?

2. ¿Cuál es el proceso de tratamiento de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021?
3. ¿Cuál es el caudal de los efluentes mineros que se genera en el túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General:**

Evaluar la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

1. Evaluar la calidad de física y química de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021.
2. Determinar el proceso de tratamiento de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021.
3. Determinar el caudal de los efluentes mineros que se genera en el túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga -2021.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Justifica la presente investigación ya que con ello nos informara de la calidad de agua que se está vertiendo a la quebrada Pucara las aguas tratada en las bocaminas de Pucara y Azalia y con ello informar a las entidades del estado o población interesada.

### **1.5.2. Justificación Metodológica**

La metodología propuesta estará enfocada a la recopilación de información de años anteriores a nuestra investigación, para posterior evaluar en que actividades se tiene mayor accidente e incidentes para posterior mejorar el plan de seguridad 2021.

### **1.5.3. Justificación Metodológica**

Para la investigación el proceso de estudio se realizará la toma de muestras para posterior ser enviadas a un laboratorio acreditado y con ello evaluar en los resultados comparando con la normativa vigente.

### **1.5.4. Justificación Ambiental**

Con los resultados obtenidos lograremos tener en cuenta si las aguas de los efluentes mineros de las bocaminas de Pucara y Azalia cumplen con el decreto supremo N° 010-2010-MINAM (Límites máximos permisibles para la actividad minera).

### **1.5.5. Justificación Social**

La investigación ayudara a informar a las poblaciones de los distritos de Chacayán y Goyllarisquizga de la calidad de agua que viene vertiendo la empresa Activos Mineros SAC producto de la generación de aguas acidas en las bocaminas de Pucara y Azalia.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación se limita al acceso a las operaciones de Pucara y Azalia lo cual la demora en la obtener de información para la investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacional**

(López Hernández, M., Lacayo Romero, M., Dávila López, A, 2021)

Evaluación de la calidad físico-química de las aguas subterráneas y superficiales de la zona minera de Santo Domingo – Chontales. Revista torreón universitaria (26). 107-123. Nicaragua. “El objetivo de este estudio fue estimar la calidad físico-química de cinco fuentes de agua, Peñas Blancas y Túnel Azul (subterráneas), El Sardinillo, plantel La Estrella y El Salto (superficiales) de la zona minera de Santo Domingo, Chontales. Se realizaron cinco muestreos a lo largo del río Artiguas en época lluviosa comprendidos desde septiembre hasta diciembre del 2013. Los valores obtenidos se compararon con normas o directrices nacionales e internacionales como CAPRE (Norma de Calidad del Agua para Consumo Humano), OMS (Organización Mundial para la Salud), CCME (Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente), FAO (Organización de Agricultura y Alimento) y USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) según los usos del agua, consumo humano, protección para la vida acuática y uso agrícola. Además, se calculó un valor numérico entre 0 a 100 de calidad del agua para

cada sitio mediante el Software CWQI 1.0. Los índices de calidad para las aguas subterráneas se clasifican como excelentes para consumo humano y uso agrícola, siendo la calidad del agua del Túnel Azul ligeramente superior a la del pozo Peñas Blancas. El Sardinillo sitio de referencia de las aguas superficiales presenta una calidad desde regular a buena para consumo humano, pobre a buena para la protección de la vida acuática y excelente para uso agrícola considerados en las normas o criterios establecidos. El plantel, La Estrella y las del Salto presentan calidades semejantes para consumo humano y protección de la vida acuática desde pobre a marginal, así mismo regular a excelente para el uso agrícola según las consideraciones de los valores guías que se establecen en las normas. La calidad físico-química estimada para las aguas superficiales indica que no pueden ser utilizadas para consumo humano, no obstante, si pueden ser útiles para agricultura”.

(Ríos Vásquez, L., Colegial Gutiérrez, J., Collazo Caraballo, M, 2023) Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en la ciudad de Minas, departamento de Lavalleja, Uruguay. Boletín de Geología -Universidad Nacional de Colombia (26). 45(1), 103–117. “La evaluación fisicoquímica del agua extraída de fuentes subterráneas se convierte en una herramienta fundamental para la interpretación de la interacción existente entre agua-roca, teniendo como precedente el conocimiento del carácter geológico del territorio, y confiere una estimación inicial de posibles anomalías composicionales a causa de agentes externos que pueden alterar la calidad del recurso, condición que sugeriría estudios detallados sobre el origen, extensión y grado de afectación de estas fuentes contaminantes. El estudio hidrogeoquímico en la ciudad de Minas, Uruguay, se desarrolla en aras de contribuir al conocimiento hidrogeológico local, así como para definir si las aguas captadas actualmente por los habitantes son químicamente adecuadas para los usos a los que se destinan, tales como consumo humano y riego, o si requieren algún

tratamiento de potabilización. La clasificación de aguas demostró que en la zona dominan las facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, con un tiempo de residencia corto en el acuífero. Así mismo, se define que ciertos iones exceden los límites permitidos por la norma de potabilidad uruguaya. De acuerdo con el mapa de vulnerabilidad hidrogeológica de la ciudad de Minas, los pozos muestreados se encuentran principalmente sobre zonas catalogadas con vulnerabilidad alta a muy alta a la contaminación, ya que las características intrínsecas de los acuíferos favorecen la exposición de estos sistemas a escenarios puntuales de contaminación, como el enriquecimiento en nitratos por actividades antrópicas no controladas”.

### **2.1.2. Antecedente a nivel nacional**

(Carhuamaca Vilcahuaman, M, 2020) Análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la estación 2210 CÍA Minera Casapalca S. A. (Tesis para optar el título de profesional de Ingeniero de Minas) Universidad Continental “La presente investigación busca evaluar la calidad de agua de mina a través del análisis fisicoquímico y microbiológico de los afluentes de compañía minera Casapalca S. A. Esto responde al control de calidad de agua minera que debe realizar correctamente para controlar y prever la contaminación derivada de la actividad, así también esto demuestra que los eslabones de la actividad concatenan procesos de calidad en la compañía minera Casapalca S.A. La presente tesis tiene por título “Análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A”. Se buscó determinar la calidad del agua de mina en los drenajes salientes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A. mediante tres muestreos in situ en un radio de 150 metros del afluente principal, con nueve mediciones que luego fueron analizadas en laboratorio. Entre los principales resultados se tuvo tres puntos de medición

con tres muestras y considerando diez variables; se tienen noventa datos, de las cuales cinco resultaron fallidas en los análisis. Se realizaron los cálculos del alcance (2500.00), la frecuencia (194.70) y la amplitud (33.1843), teniendo un valor según Ica de 69.95 según las tablas de identificación e interpretación se tiene una calidad de agua de mina regular”.

(Gillen Perez, J, 2020) Vertimiento de efluentes mineros de mina marta en la contaminación de las aguas del río Tinyacclla (Tesis de Maestría) Universidad Nacional del Centro del Perú “El estudio de investigación que se desarrolló con el propósito de demostrar que el vertimiento del efluente minero de mina Marta no contamina las aguas del río Tinyacclla, después de realizar un proceso de tratamiento activo del drenaje ácido de mina para la descarga del efluente minero hacia el cuerpo receptor, el diseño de investigación es descriptivo y comparativo, donde se tomarán muestras antes y después de la aplicación del tratamiento del efluente minero. Se considera para la población la toma de datos diarios durante los meses de enero a junio 2012, siendo registradas las lecturas de parámetros en una base de datos para su análisis. Para el proceso del tratamiento del efluente minero se ha diseñado una planta de tratamiento activo con la utilización de reactivos como la soda caustica y el magnafloc-351, los resultados de los parámetros que son materia de informe son obtenidos de un laboratorio químico calificado y autorizado por la autoridad competente. Los resultados obtenidos después del tratamiento activo del efluente minero cumplen las normas establecidas por el Decreto Supremo 010 – 2010 Ministerio del Ambiente de Límites Máximos Permisibles. Así se concluye que los vertimientos de los efluentes de mina Marta no contaminan las aguas del río Tinyacclla”.

### **2.1.3. Antecedentes a nivel local**

(Carhuaz Silvestre, D, 2022) Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha, mediante neutralización del pH, Pasco

– Perú (Tesis de Maestría) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión “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”.

## **2.2. Bases teóricas -Científicas**

### **2.2.1. Túnel Pucará y bocamina Azalia**

El Túnel Pucará y bocamina Azalia son pasivos ambientales que dejó la empresa estatal Centromin Perú, producto de la explotación de carbón bajo el método de explotación subterránea en el distrito de Goyllarisquizga.

### **2.2.2. Efluentes mineros**

“Los efluentes mineros contienen cantidades elevadas de carga contaminante. Esto sucede como consecuencia de la mezcla del agua con las diferentes clases de minerales y metales. La fuente de estas aguas residuales suele encontrarse en los diversos procesos que se dan en una mina. Igualmente, también en el drenaje de las aguas de lluvia que se producen por las precipitaciones en la zona” (Grupo Vento, 2018).

“Durante los diferentes procesos de producción de la mina, el agua entra en contacto con los minerales, al igual que cuando se producen lluvias. Este contacto genera diferentes reacciones y aguas residuales de diversa combinación, que obedecerán a la naturaleza de cada mineral. Pues los hay más o menos solubles, hidrolizables y no hidrolizables, así como sorbentes y no sorbentes” (Grupo Vento, 2018).

“El Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas, Artículo 3º, inciso 3.2, lo define así: Efluente líquido de actividades minero-metalúrgicos: es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores” (Spena Group, 2016), que proviene de:

1. Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte o cierre de minas, así como campamentos, sistemas de

abastecimiento de aguas o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público) y otros.

2. Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros.
3. Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociadas con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos.
4. Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros.
5. Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras.
6. Y cualquier combinación de los antes mencionados.

### **2.2.3. El origen de los efluentes de la minería**

“Los efluentes en minería pueden originarse en las diferentes etapas a la que es sometido el mineral para la obtención del metal o sal que se desea. Dependerá de la operación unitaria utilizada en la extracción, en la concentración y en los procesos utilizados en refinarlo” (Ministerio de minería Subsecretaría de Minería, 2002).

### **2.2.4. Características de los efluentes de la minería**

“Según los reactivos utilizados y de las sustancias o elementos que se disuelven e incorporan a la fase líquida, en términos genéricos, los principales parámetros químicos que se ven afectados son” (Ministerio de minería Subsecretaría de Minería, 2002).

- pH; acidez o basicidad.
- Sólidos sedimentables y/o suspendidos.
- Sales disueltas, tales como As; SO<sub>4</sub>; CN<sup>-</sup>; Cl<sup>-</sup>; Sulfuros y otros.

- Presencia de metales pesados, tales como Cu; Fe; Se; Mo , Pb, etc.
- Sustancias orgánicas, tales como reactivos, solventes.

#### **2.2.5. Tratamiento de efluentes industriales en minería para reducir los contaminantes**

“Las tecnologías para el **tratamiento de aguas residuales en minería**, pueden ser tecnologías de tratamiento activo y tecnologías de tratamiento pasivo; también se clasifican en tratamientos previo, secundario y terciario, otros las clasifican como tecnologías biológicas, químicas y físicas” (Spena Group, 2016).

“En el tratamiento de efluentes industriales en minería se debe considerar que los contaminantes que se generan en la minería provienen de los procesos de: aguas de lavado, proceso de flujos ácidos, aguas de lixiviados, flotación y concentración, aguas de refinado y lavadores de gases. Asimismo, se debe tener en cuenta, el agua que se infiltra cuando se producen las lluvias en la zona de escombros de la mina, ya que en ellas se generan procesos de oxidación, hidrólisis y lavado” (Grupo Vento, 2018).

#### **2.2.6. Métodos de tratamiento de efluentes industriales en minería**

“En el **tratamiento de efluentes industriales en minería**, por lo general se emplean técnicas fisicoquímicas o biológicas. Pero hoy en día se ha comprobado que los sistemas de vertido cero representan una alternativa viable pues garantizan el respeto al medio ambiente y la reutilización del agua en zonas de difícil acceso donde no se cuenta con ella. Por lo tanto, se considera que a largo plazo es la opción más económica.

Dicho lo anterior, actualmente las únicas técnicas que garantizan el vertido cero como alternativa sostenible en el tratamiento de efluentes industriales en minería son a través de la evaporación al vacío y la cristalización. Utilizándolas por separado o combinándolas, de acuerdo con la

composición del agua residual generada en su proceso productivo, con métodos de pre tratamiento y tecnologías de membranas.

Con la construcción de plantas de **tratamiento de efluentes industriales en minería** se alcanza el 95% de agua destilada, que estará disponible para reutilizar, y además un residuo relativamente sólido que puede ser tratado.

### 2.2.7. Normativa aplicable a efluentes mineros

“Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas de acuerdo a los valores que se indica en la tabla N° 01 el ámbito de aplicación el presente decreto supremo es aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

**Tabla 1: Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas**

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

**Fuente:** Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles

“La calidad del agua de un cuerpo de agua es la suma de sus características físicas y químicas, así como la composición y condición de los organismos que en él habitan. Sin embargo, suele determinarse su posible uso comparando estas características con valores patrón considerado necesario para asegurar su correcto uso. Los sistemas de agua brindan una gama de

servicios eco sistémico, con énfasis en el suministro de agua potable, riego, nutrición animal, recreación y tratamiento de agua. La mala gestión de los cuerpos de agua puede afectar la calidad de sus aguas, provocar procesos de eutrofización (aumento de nutrientes fósforo y nitrógeno que limitan la producción primaria), desequilibrio trófico, inundaciones, erosión e impacto sobre las aguas subterráneas. Por lo tanto, la calidad del agua es parte integral de la calidad ambiental y afecta sus diversas dimensiones: biofísica, social y económica” (Aguas urbanas, 2021).

### **2.3. Definición de los términos**

#### **2.3.1. Límite Máximo Permisible (LMP).-**

“Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

#### **2.3.2. Monitoreo de Efluentes Líquidos.-**

“Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

#### **2.3.3. Parámetro. -**

“Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas que define su calidad y

que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

#### **2.3.4. Punto de Control de Efluentes Líquidos. -**

“Ubicación aprobada por la Autoridad Competente en la cual es obligatorio el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

#### **2.3.5. Programa de Monitoreo. -**

“Documento de cumplimiento obligatorio por el titular minero, contiene la ubicación de los puntos de control de efluentes y cuerpo receptor, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para un determinado centro de actividades minero – metalúrgicas” (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles, 2010).

### **2.4. Formulación de hipótesis**

#### **2.4.1. Hipótesis General**

La calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga cumple con Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

#### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

1. La calidad de física y química de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga cumple con el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM
2. El proceso de tratamiento de los efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga se realiza por el método activo
3. El caudal de los efluentes mineros que se genera en el túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga supera los 100 lt/seg

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

LMP del MINAM– Decreto Supremo N° 010-2010

### **2.5.2. Variable dependiente**

Calidad de los efluentes mineros

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

La operacional de variables e indicadores son las siguientes:

**Tabla 2: Operacionabilidad de variables e indicadores**

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES
<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><b>Calidad de efluentes mineros</b></p>	<p><b>Efluentes mineros</b> (Grupo Vento, 2018).</p> <p>“Los efluentes mineros contienen cantidades elevadas de carga contaminante. Esto sucede como consecuencia de la mezcla del agua con las diferentes clases de minerales y metales. La fuente de estas aguas residuales suele encontrarse en los diversos procesos que se dan en una mina. Igualmente, también en el drenaje de las aguas de lluvia que se producen por las precipitaciones en la zona”.</p>	<p><b>Dimensiones</b></p> <p><b>Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La calidad de los efluentes mineros dependerá del tratamiento activo que se realiza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limites maximos permisibles en base al Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM</li> </ul>
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p><b>LMP del MINAM</b> <b>Decreto Supremo N° 010-2010</b></p>	<p><b>LMP del MINAM</b> (D.S. 010-2010 MINAM).</p> <p>“Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar</p>	<p><b>Dimensiones</b></p> <p><b>Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación producto a la actividad de Túnel Pucará y bocamina Azalia</li> </ul>	

---

humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental”

---

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación de tipo no experimental, según el autor (Santa Paella Stracuzzi, Feliberto Martins Pestana, 2010) define: El diseño no experimental “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan e su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen” por lo tanto nuestra investigación es de tipo no experimental por qué evaluamos la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros para tener resultados que ayuda a prevenir el impacto ambiental negativo.

#### **3.2. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que se describió y analizo la calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros S.A.C para tener resultados que ayuda a prevenir el impacto ambiental negativo.

### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación está dado por la identificación de los puntos de monitoreo posterior a ello se tomará muestras en los efluentes mineros para posterior realizar el análisis por un laboratorio acreditado y finalmente evaluar los resultados.

### **3.4. Diseño de la investigación**

Para la investigación el diseño es observacional y transversal; es considerada observacional ya que la investigación se realizó en una sola oportunidad para determinar la evaluación de la calidad de los efluentes mineros.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población y Muestra**

##### **Población**

La población está dada por Túnel Pucará y bocamina Azalia pasivos mineros de Activos Mineros S.A.C en el distrito de Goyllarisquizga.

##### **Muestra**

Las muestras están comprendidas por dos puntos de monitoreo ubicado en uno en el Túnel Pucará y el otro punto de monitoreo de la bocamina Azalia.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Colección de información**

Para la investigación se recolecto la información en el Túnel Pucará y bocamina Azalia.

#### **3.6.2. Instrumentos**

- Instrumentos de monitoreo par agua
- Se realizó mediante fichas de recolección de datos

- Cámara Fotográfica

### **3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos**

- Aglutinación de información y datos
- Tabulado de información
- Interpretación y conclusiones.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Para el tratamiento estadístico se usó el programa Excel.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Nuestra investigación se ejecutará en cada uno de sus procesos cumpliendo el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo.**

##### **4.1.1. Ubicación a la zona de investigación**

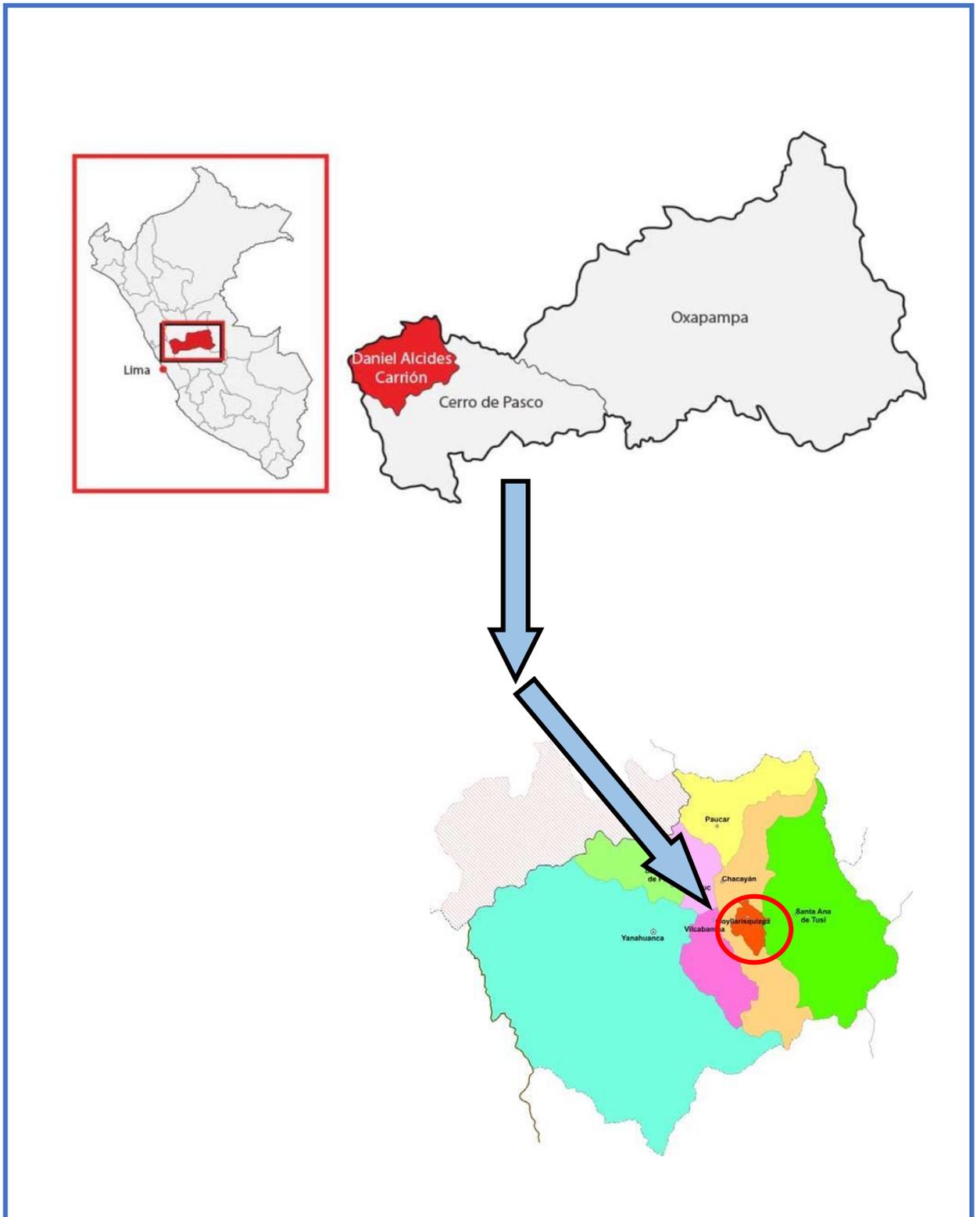
La zona de investigación se encuentra el Túnel Pucará a 4.8 Km hacia el oeste de la población de Goyllarisquizga y a 1.9 Km hacia el norte oeste de la población de Goyllarisquizga se encuentra la bocamina Azalia, ambos componentes mineros se encuentran en el distrito de Goyllarisquizga de la provincia de Daniel Alcides Carrión, ubicado a una altitud de 4170 msnm a 52 Km. de la ciudad de Cerro de Pasco.

##### **4.1.2. Como llegar a la zona de investigación**

Como se mencionó ambos componentes se encuentra en el distrito y población de Goyllarisquizga para llegar a este punto partiendo desde la ciudad de Cerro de Pasco capital de la región de Pasco, se toma la vía asfalta desde Paragsha hacia la ruta de Yanahuanca, en el Kilómetro 22 se toma la vía afirmada de Alcacocho hasta Goyllarisquizga haciendo un tiempo de 1 hr y 30 minutos como máximo.

La ubicación se representa a continuación:

**Mapa 1 Ubicación de la población de Goyllarisquizga**



**Fuente:** Elaboración propia

## Mapa 2 Ubicación del túnel Pucara y Bocamina Azalia



Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Proceso de tratamiento de agua en túnel Pucara y Bocamina Azalia

#### ➤ Proceso de tratamiento de agua túnel Pucara

##### a. Generación de aguas acidas

El túnel Pucará tiene aproximadamente 2 Km de longitud, y está ubicado entre 200 y 300 m por debajo del manto de carbón. Este túnel era principalmente, al parecer, un túnel de drenaje. Por el portal del túnel se evacuan entre 75 y 140 L/seg de agua casi neutra, pero con un relativamente alto contenido de algunos metales (Centromín Perú, 2022).

De acuerdo a datos obtenidos del monitoreo realizado en el túnel Pucará, el caudal a la entrada del túnel varía entre 75 y 140 L/s, dependiendo de la época. La descarga del agua presenta un pH neutro variable entre 6.00 y 6.31, conductividad eléctrica de alrededor de 1,015 uS/cm y una acidez entre 30 y 136 mg/L. De los parámetros controlados por los límites del MEM en las descargas mineras, solamente el hierro total es excedido, con concentraciones variables entre 34 y 45 mg/L (Centromín Perú, 2022).

La evaluación ambiental realizada indica que la quebrada Pucará, y consecuentemente el río Ushugoya, está siendo afectada por las elevadas concentraciones de hierro total y aluminio total. Las concentraciones de hierro total en la quebrada Pucará, luego de recibir el aporte del agua del túnel, se mantienen altas, con valores que varían entre 22 y 34 mg/L. Por otro lado, las concentraciones de aluminio total en la quebrada Pucará varían entre 8 y 12 mg/L, reduciéndose tan solo el aproximadamente 30% de las concentraciones totales encontradas en el agua del túnel (11 a 17 mg/L).

**b. Sistema de tratamiento:**

1. El agua ácida a tratar del túnel Pucara es conducido por un canal (circuito 1) – punto de monitoreo “E-604”, En este punto se realiza la toma de muestra antes del proceso de tratamiento.
2. Las aguas pasa por el área de preparación de lechada de cal (Que consiste en dosificar cal o más conocido

como hidróxido de calcio) en una cantidad de 0.27 a 0.47 Kg.cal/m<sup>3</sup> de efluente.

3. Una vez realizada el proceso anterior, el agua con contenido de cal es conducida por el canal y ésta a la vez pasa por el proceso de floculación (consiste en poder separar el material sólido (lodos) con el líquido a través del proceso de sedimentación), la dosificación floculante es de 1.71 – 2.15 gramos de floculante/m<sup>3</sup> de efluente.
4. El agua con contenido de cal y floculante es conducido a través del CIRCUITO 1, en donde este canal está diseñado por rejillas ubicadas en forma sig sag. Lo cual tiene la función de poder disminuir la velocidad del agua y también poder separar el material solido sedimentos (cal y sedimentación de sólidos y por ende el material metálico).
5. El sedimento es trasladado a través de un canal hacia una poza de almacenamiento de lodos.
6. El agua del túnel Pucara ya pasado por los procesos anteriores, a través del circuito 1 es dividido en 2 canales.
  - 6.1. **Primer Canal:** Es transportado el agua hasta el final del circuito 1 – punto de monitoreo “E-604 B”. En este punto se realiza la toma de muestra después del proceso, lo cual dicha agua es vertida a la quebrada Pucara a través de tubos de PVC.
  - 6.2. **Segundo Canal:** Esta agua es conducido a una poza de almacenamiento – punto de monitoreo “E-

604A” En este punto se realiza la toma de muestra después del proceso de tratamiento. Lo cual dicha agua tratada es vertida a la quebrada pucara a través de unos tubos de PVC.

➤ **Proceso de tratamiento de agua bocamina Azalia**

**a. Generación de aguas acidas**

La bocamina Azalia era una entrada para la explotación minera del extremo noroeste de la mina, es decir para las labores con cotas más elevadas. En ese sentido, se deduce que existen labores que se encuentran a cotas más bajas que Azalia, cuyo sistema de drenaje cae hacia el Pique Central, el cual a su vez descarga en el túnel Pucará. Por otro lado, el hecho que exista un drenaje constante, en algunos casos, por estas bocaminas indicaría que las labores de Azalia no estarían conectadas con las labores inferiores o que la conexión se encuentra actualmente obstruida. (Centromín Perú, 2022).

Se ha identificado una zona de labores, que se encuentran ubicadas a cotas inferiores, dentro de las cuales se podría hacer ingresar los efluentes colectados de las bocaminas de Azalia. Con la ubicación en planta de esta zona explotada, se ha conseguido ubicar la cota de la misma, ya que se conocía que esta zona se encontraba dentro del sinclinal arriba mencionado, cuya geometría se encuentra totalmente definida (Centromín Perú, 2022).

**b. Sistema de tratamiento:**

1. El agua acidas de la bocamina Azalia es conducido por 2 tubos (circuito 1) – punto de monitoreo “E-608”, En este

punto se realiza la toma de muestra antes del proceso de tratamiento.

2. Estas aguas ácidas de (pH 2-3) es almacenada en una poza, es mezclada con cal (Área preparación de lechada de cal) para poder estabilizar el pH adecuado la dosificación es de 2.14 a 2.26 Kg. cal/m<sup>3</sup> de efluente.
3. Una vez realizada el proceso anterior, el agua con contenido de cal es conducida por el canal y ésta a la vez pasa por el proceso de echado de floculante (consiste en poder separar el material sólido (lodos) con el líquido a través del proceso de sedimentación).
4. El agua con contenido de cal y floculante es conducida a través del circuito 1, en donde este canal está diseñado por pozas.
5. Lo cual tiene la función de poder separar el material solido sedimentos (cal y restos de minerales) y el agua.
6. El agua de la bocamina Azalia ya pasado por los procesos anteriores, a través del circuito 1 pasa a través de 2 Pozas
7. 6.1. POZA 1: Poder obtener el proceso de sedimentación.
8. 6.2. POZA 2: Poder separar el agua
9. Ya en la POZA 2. – punto de monitoreo “E-608A” En este punto se realiza la toma de muestra después del proceso de tratamiento. Lo cual dicha agua ya tratada es vertida a la quebrada AZALIA a través de unos tubos PVC.

#### 4.1.4. Descripción de estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo para nuestra investigación esta ubicados en las siguientes coordenadas geográficas:

**Tabla 3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en Pucara y Azalia**

ZONA	PUNTO	E	N	ALTITUD	DESCRIPCIÓN
PUCARA	E-604	344086	8839764	3636	Bocamina del Túnel Pucará (Afluente).
	E-604A	343922	8839833	3634	Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1.
	E-604B	343827	8839847	3639	Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2.
AZALIA	E-608	344776	8841984	3936	Afluente de las Bocaminas Azalia
	E-608A	344758	8841979	3934	Efluente del Sistema de Tratamiento.

**Fuente:** Activos Mineros SAC.

En las estaciones de monitoreo mencionados se realizo el monitoreo en el mes de febrero y marzo del 2021, en estas fechas se incrementa el caudal de agua y por lo tanto es más representativas el monitoreo y análisis de agua para más detalle de puede visualizar el monitoreo realizado en las siguientes imágenes y por otro lado en el mapa 3 y 4 se puede detallar la ubicación de las estaciones de monitoreo:

**Imagen 1: Monitoreo en la estación E-604**



**Imagen 2: Monitoreo en la estación E-604 A**



**Imagen 3: Monitoreo en la estación E-604 B**



**Imagen 4: Monitoreo en la estación E-608**



Imagen 5: Monitoreo en la estación E-608 A



Mapa 3 Estación de monitoreo- túnel Pucara



Fuente: Elaboración propia

#### Mapa 4 Estación de monitoreo- bocamina Azalla



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Concluida el proceso de monitoreo y análisis se tiene los siguientes resultados los cual se realizó con el laboratorio acreditado CERTIMIN teniendo a continuación los siguientes resultados:

#### 4.2.1. Resultados de calidad de agua- túnel Pucara

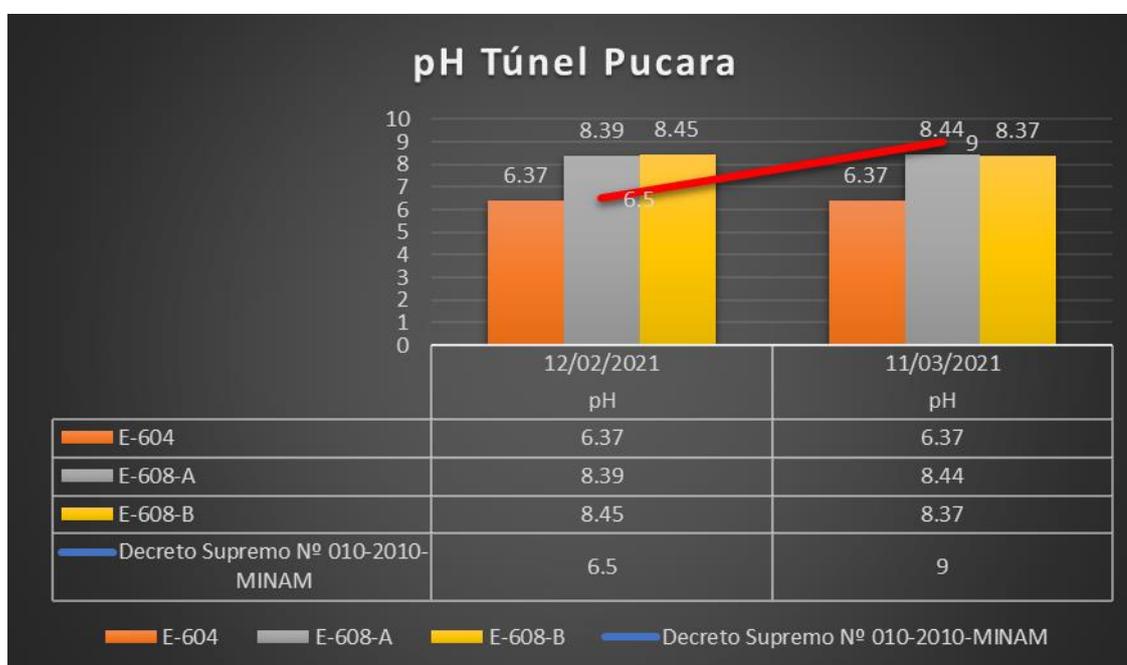
➤ Resultados de la calidad física

**Tabla 4: Resultado de calidad física del agua del túnel Pucara**

Parámetros Fisicoquímicos		Decreto Supremo Nº 010-2010- MINAM	E-604	E-604-A	E-604-B
pH	12/02/2021	6.5-9	6.37	8.39	8.45
	11/03/2021		6.37	8.44	8.37
Solidos suspendidos totales	12/02/2021	50	39	12	10
	11/03/2021		72	5	5

Fuente: CERTIMIN Laboratorios

**Gráfico 1: Resultados de pH**

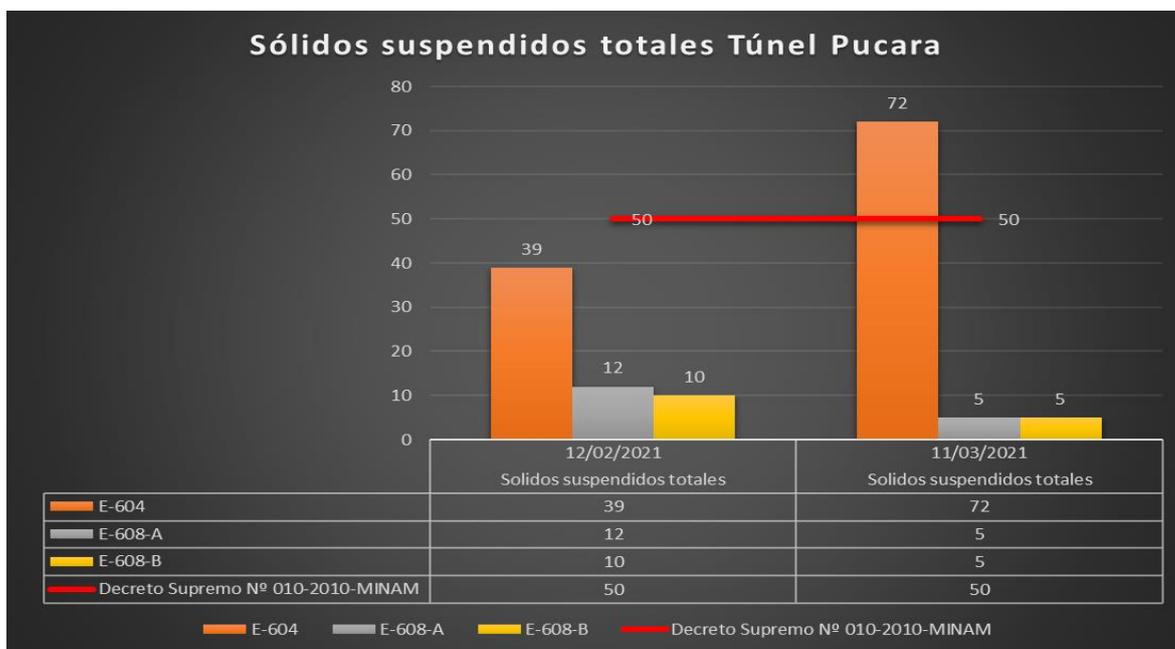


Fuente: Elaboración propia

### Resultado de pH en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM límites máximos permisibles (LMP) para la actividad minera, para el caso del parámetro pH el LMP es de 6.5 a 9.0, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 4 y grafico 1, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente) E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en la estación E-604 pasa de los límites máximos permisibles teniendo resultados en el mes de febrero y marzo el pH de 6.37, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se puede tener en la estación E-608-A el pH es de 8.39 y 8.44 en los meses de febrero y marzo, en el final del tratamiento en la estación E-608-B se tiene el pH de 8.45 y 8.37 en los meses de febrero y marzo ,estos dos últimos se encuentran dentro de lo permitido.

**Gráfico 2: Resultados de solidos suspendidos totales**



Fuente: Elaboración propia

## **Resultado de sólidos suspendidos totales en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM sólidos suspendidos totales (SST) para la actividad minera, para el caso del parámetro SST el LMP es de 50 mg/lt, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 4 y grafico 2, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente) E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en la estación E-604 pasa de los límites máximos permisibles en el mes de marzo el SST de 72 mg/lt, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se puede tener en la estación E-608-A el SST es de 5 y finalmente en el final del tratamiento en la estación E-608-B se tiene el SST de 5, cumplimiento los LMP establecidos en los meses de febrero y marzo.

## Resultados de la calidad química

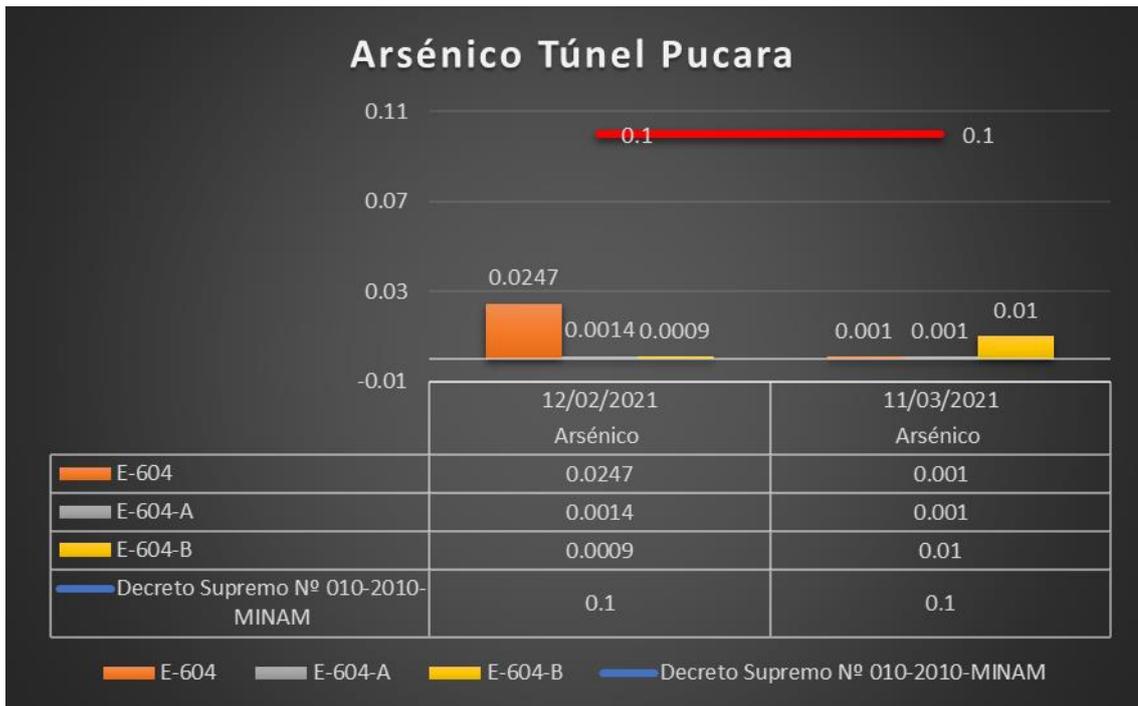
Se realizó los parámetros de metales totales y disueltos teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5: Resultado de calidad química del agua del túnel Pucara**

Parámetros Químicos		Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM	E-604	E-604-A	E-604-B
Arsénico	12/02/2021	0.1	0.0247	0.0014	0.0009
	11/03/2021		0.001	0.001	0.01
Cadmio	12/02/2021	0.05	0.00005	0.00005	0.00005
	11/03/2021		0.0002	0.0002	0.0002
Cobre	12/02/2021	0.5	0.0001	0.0002	0.0001
	11/03/2021		0.0002	0.0002	0.0002
Cromo VI	12/02/2021	0.1	0.01	0.01	0.01
	11/03/2021		0.01	0.01	0.01
Hierro disuelto	12/02/2021	2	35.77	0.06	0.09
	11/03/2021		55.153	0.803	0.555
Mercurio	12/02/2021	0.002	0.0004	0.0004	0.0004
	11/03/2021		0.0002	0.0002	0.0002
Plomo	12/02/2021	0.2	0.00073	0.00061	0.00023
	11/03/2021		0.003	0.003	0.003
Zinc	12/02/2021	1.5	0.441	0.03	0.014
	11/03/2021		0.4894	0.0675	0.4894

Fuente: CERTEMIN Laboratorios

**Gráfico 3: Resultados de arsénico**



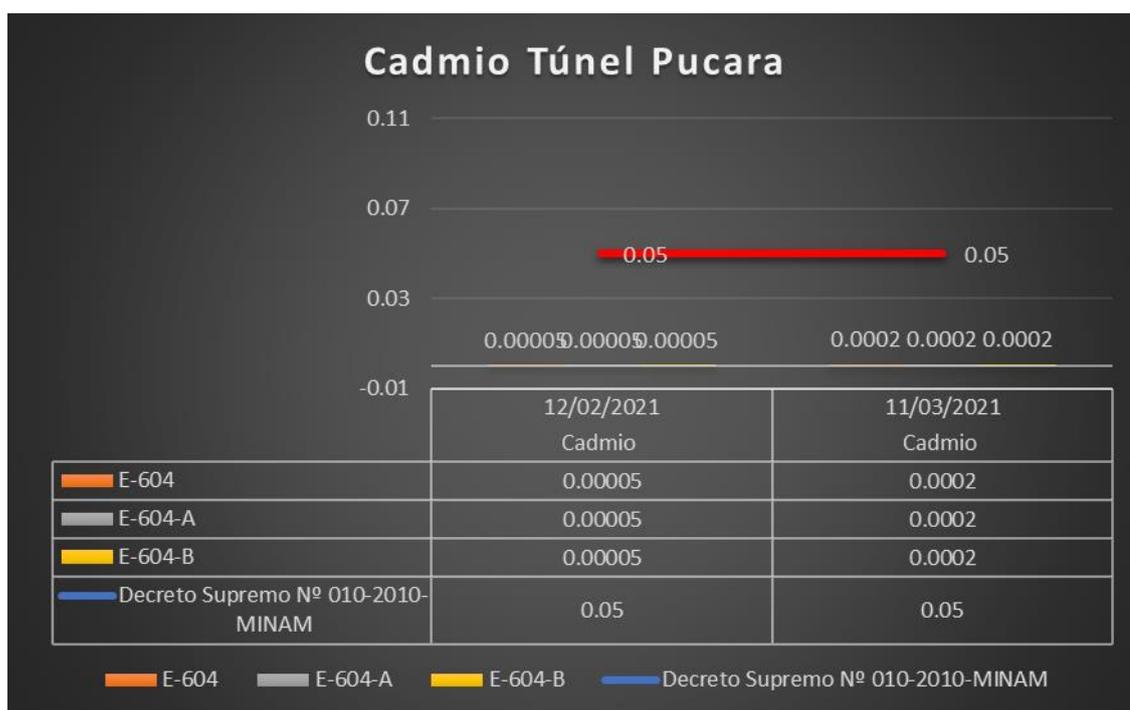
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de arsénico en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el arsénico (As) para la actividad minera, para el caso del parámetro arsénico el LMP es de 0.1 mg/Lt, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 5 y gráfico 3, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido .

**Gráfico 4: Resultados de cadmio**



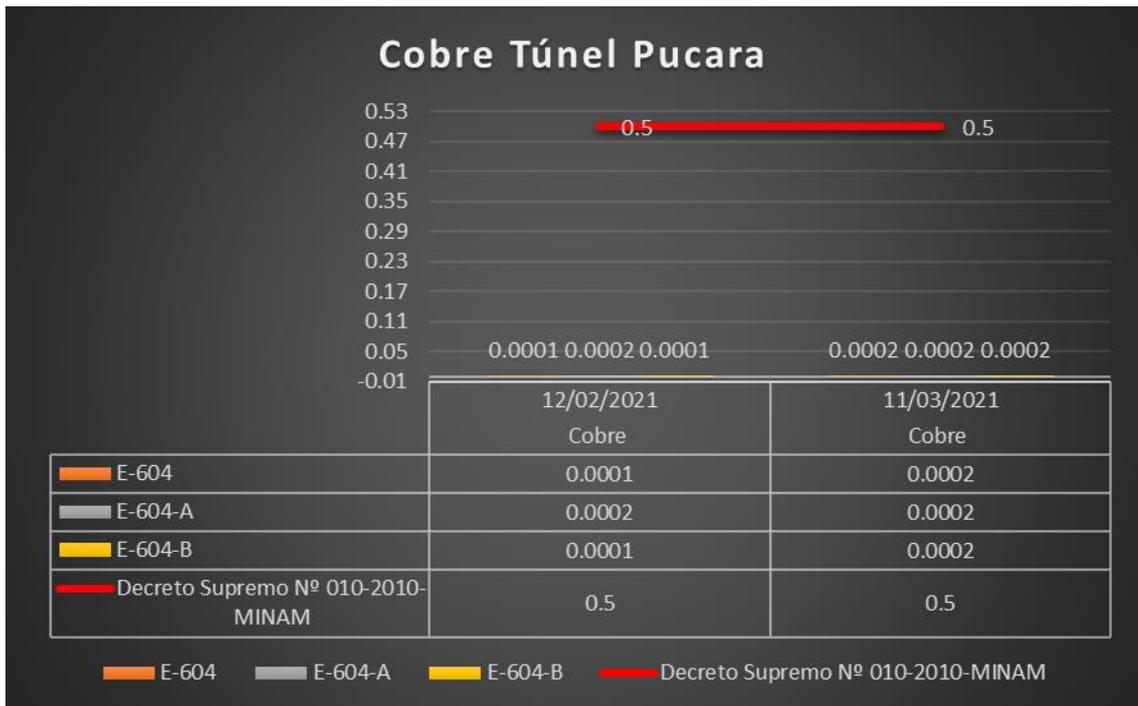
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de cadmio en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cadmio (Cd) para la actividad minera, para el caso del parámetro cadmio el LMP es de 0.05 mg/Lt, en base a ello nuestros resultados obtenidos se representan en la tabla 5 y gráfico 4, en las estaciones de monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitidos.

**Gráfico 5: Resultados de cobre**



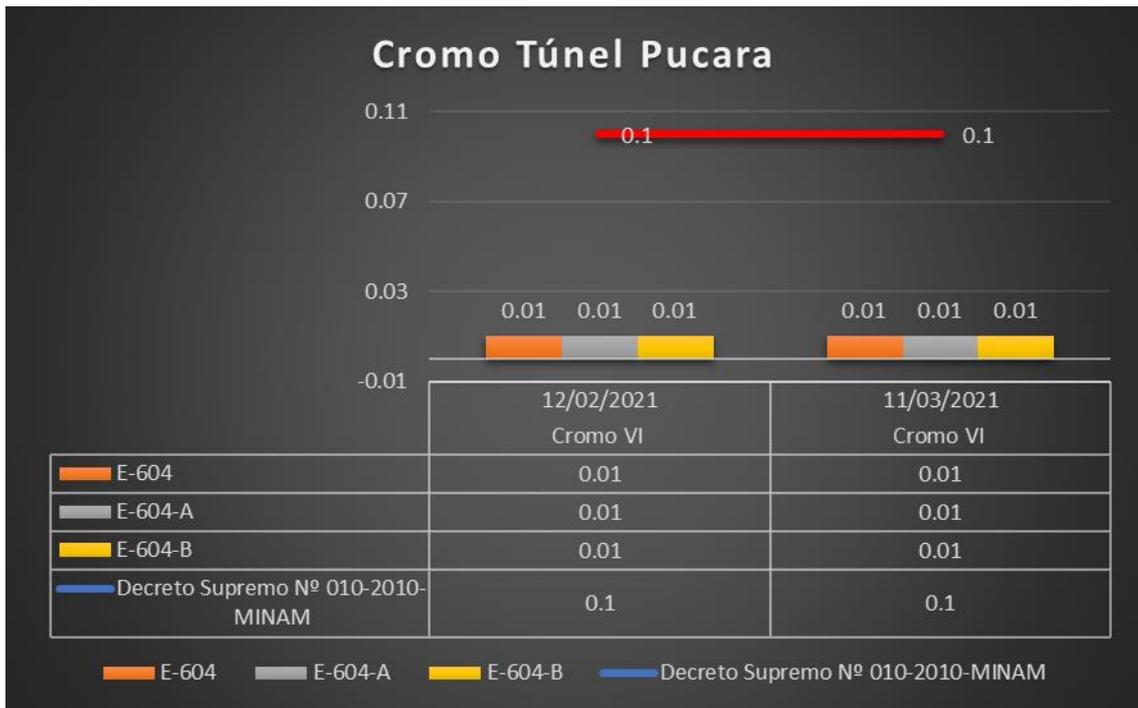
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de cobre en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cobre(Cu) para la actividad minera, para el caso del parámetro cobre el LMP es de 0.5 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 5 y gráfico 5, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 6: Resultados de cromo**



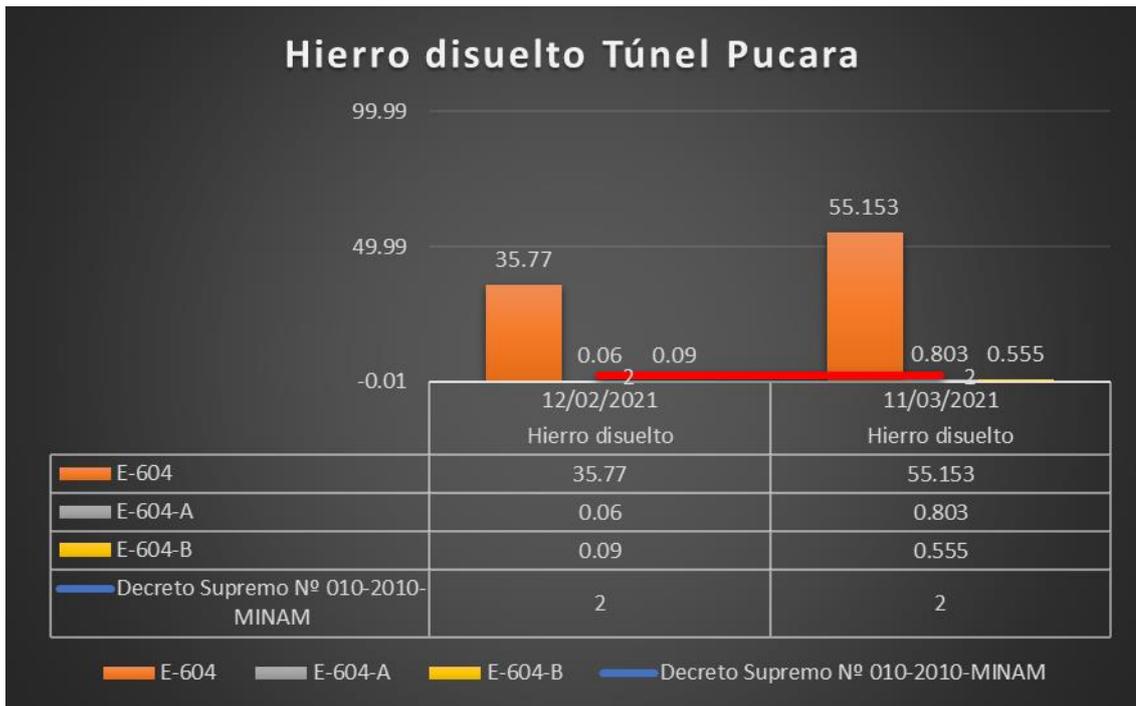
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de cromo en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cobre(Cr) para la actividad minera, para el caso del parámetro cromo el LMP es de 0.1 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 5 y gráfico 6, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 7: Resultados de hierro disuelto**



Fuente: Elaboración propia

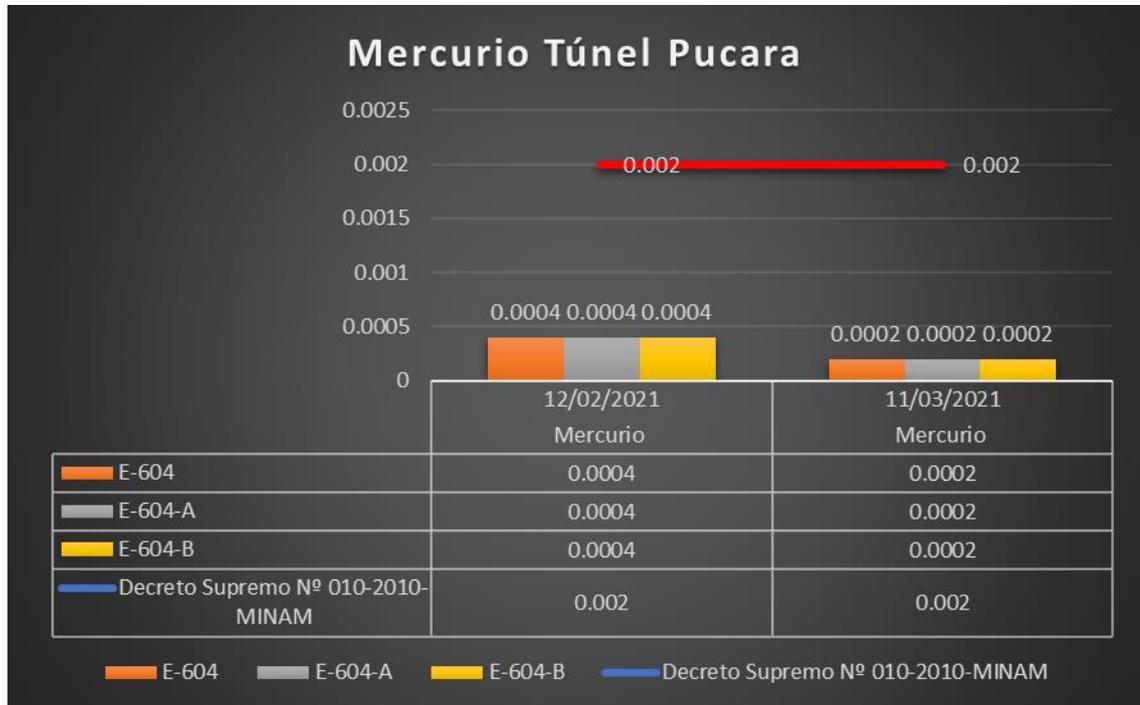
### **Resultado de hierro disuelto en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el hierro disuelto (Fe) para la actividad minera, para el caso del parámetro hierro disuelto el LMP es de 2 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenidos se representan en la tabla 5 y gráfico 7, en las estaciones de monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en la estación E-604 pasan de los límites máximos permisibles en los meses de febrero y marzo el hierro disuelto de 35.77 mg/lit y 55.153 mg/lit respectivamente, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se puede tener en la estación E-608-A y E-608-B se tiene

el hierro disuelto dentro de los LMP establecidos en los meses de febrero y marzo.

**Gráfico 8: Resultados de mercurio**



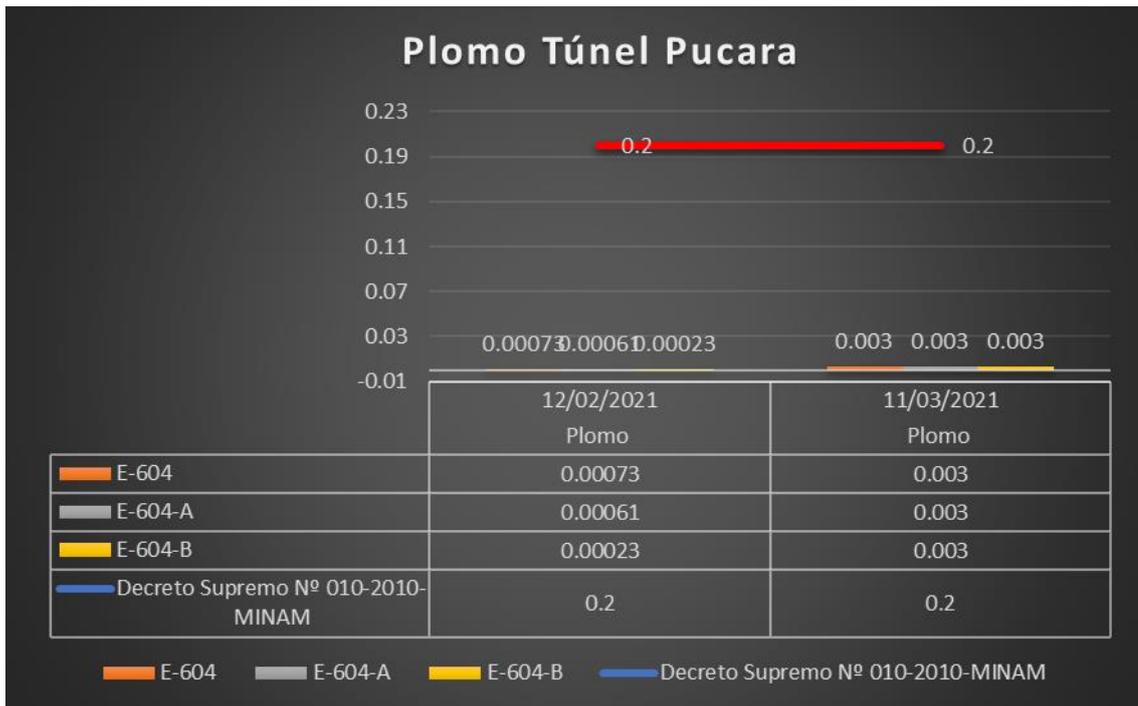
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de mercurio en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el mercurio (Hg) para la actividad minera, para el caso del parámetro mercurio el LMP es de 0.002 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 5 y gráfico 8, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 9: Resultados de plomo**



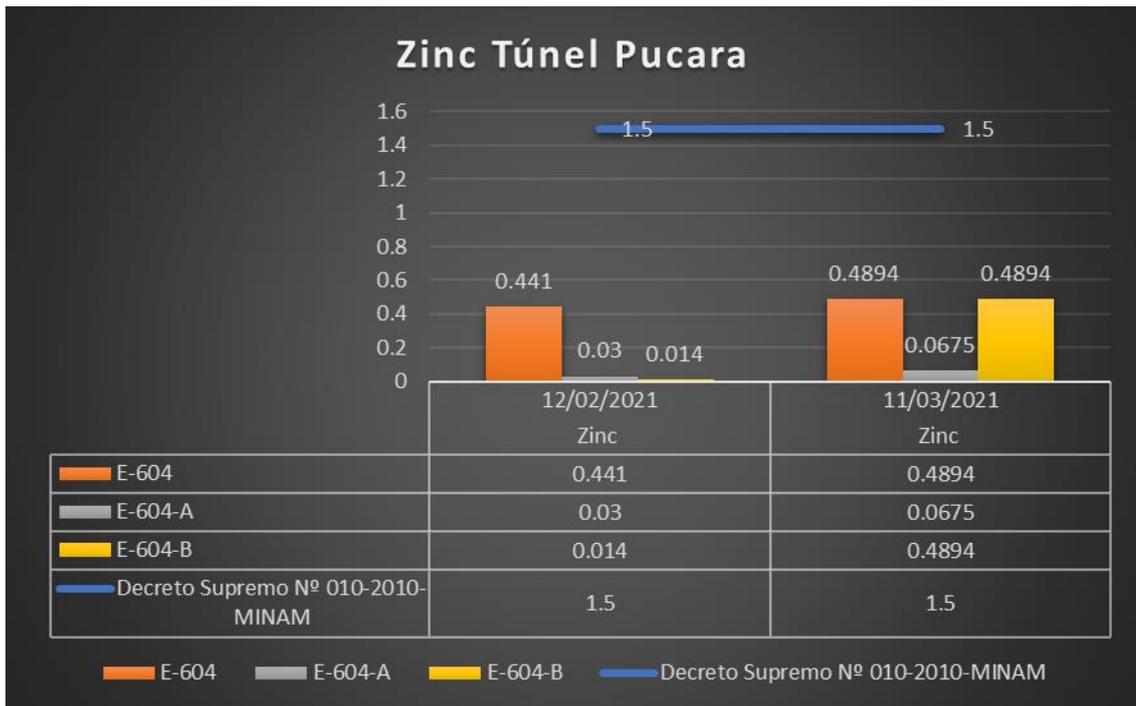
Fuente: Elaboración propia

### Resultado de plomo en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el plomo (Pb) para la actividad minera, para el caso del parámetro plomo el LMP es de 0.2 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenidos se representan en la tabla 5 y gráfico 8, en las estaciones de monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente)

E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitidos.

**Gráfico 10: Resultados de zinc**



Fuente: Elaboración propia

#### **Resultado de zinc en la gestión de aguas ácidas túnel Pucara**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el zinc (Zn) para la actividad minera, para el caso del parámetro plomo el LMP es de 0.2 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 5 y gráfico 8, en las estaciones monitoreo E-604 (Bocamina del Túnel Pucará -Afluente) E-604-A (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 1) y E-604-B (Efluente del Sistema de Tratamiento - Circuito 2), los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

#### **4.2.2. Resultados de calidad de agua- Bocamina Azalía**

##### ➤ **Resultados de la calidad física**

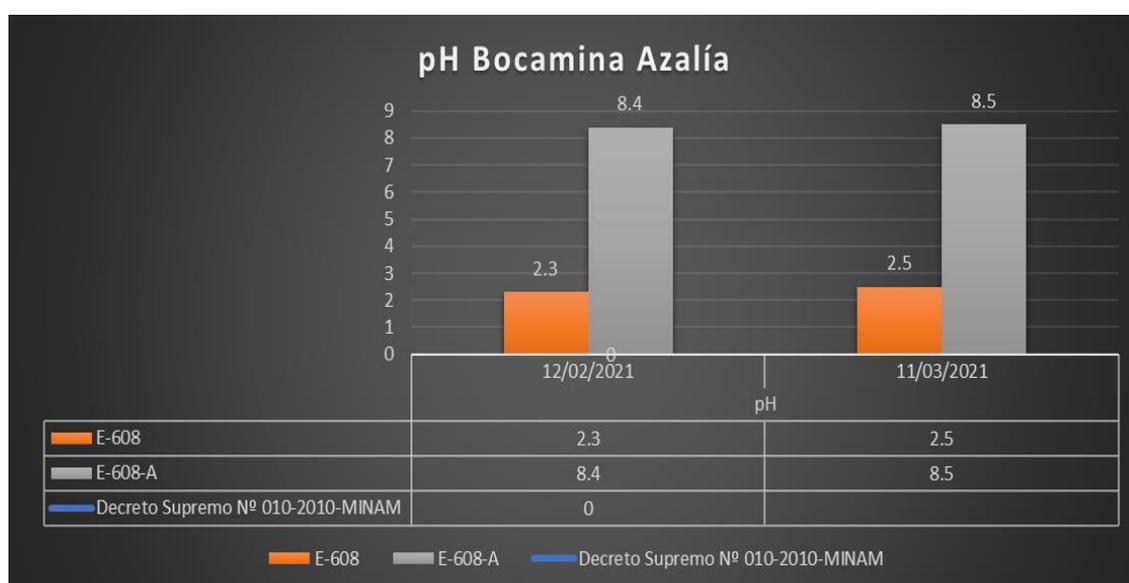
Se realizó los parámetros de sólidos suspendidos totales y pH teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6: Resultado de calidad física del agua de la bocamina Azalía**

Parámetros Físicoquímicos		Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM	E-608	E-608-A
pH	12/02/2021	6.5-9	2.3	2.5
	11/03/2021		8.5	8.4
Solidos suspendidos totales	12/02/2021	50	-----	10
	11/03/2021	50	-----	7

Fuente: CERTEMIN Laboratorios

**Gráfico 11: Resultados de pH**



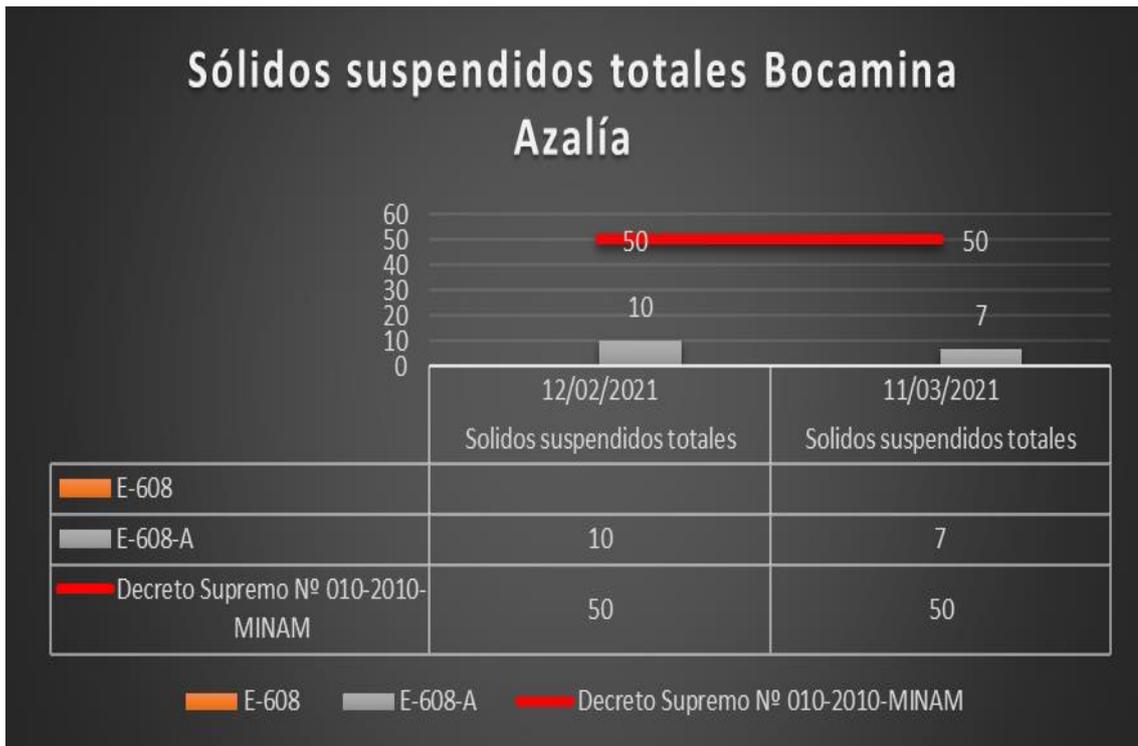
Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de pH en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM límites máximos permisibles (LMP) para la actividad minera, para el caso del parámetro pH el LMP es de 6.5 a 9.0, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 6 y grafico 11, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las

estaciones E-608 pasa de los límites máximos permisibles teniendo resultados en el mes de febrero y marzo el pH de 2.3 y 2.5, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se tiene en la estación E-608-A el pH es de 8.40 y 8.50 en los meses de febrero y marzo, cumpliendo con LMP.

**Gráfico 12: Resultados de sólidos suspendidos totales**



Fuente: Elaboración propia

**Resultado de sólidos suspendidos totales en la gestión en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM sólidos suspendidos totales (SST) para la actividad minera, para el caso del parámetro SST el LMP es de 50 mg/lt, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 4 y grafico 11, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en la estación E-608-A no pasa de los límites máximos permisibles.

➤ **Resultados de la calidad química**

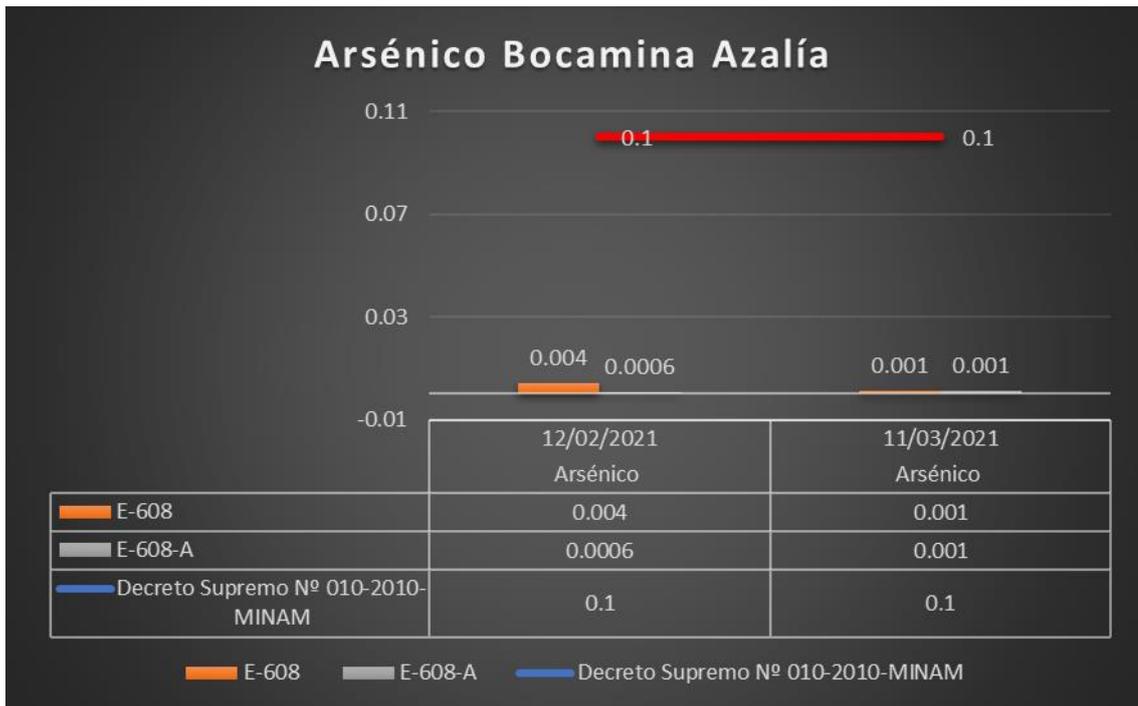
Se realizó los parámetros de metales totales y disueltos teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 7: Resultado de calidad química del agua de la bocamina Azalía**

Parámetros Químicos		Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM	E-608	E-608-A
Arsénico	12/02/2021	0.1	0.004	0.0006
	11/03/2021		0.001	0.001
Cadmio	12/02/2021	0.05	0.00941	0.0002
	11/03/2021		0.00005	0.0002
Cobre	12/02/2021	0.5	0.2161	0.0021
	11/03/2021		0.0365	0.0008
Cromo VI	12/02/2021	0.1	0.0407	0.0005
	11/03/2021		0.01	0.01
Hierro disuelto	12/02/2021	2	295.97	1.89
	11/03/2021		398.553	1.225
Mercurio	12/02/2021	0.002	0.0001	0.0002
	11/03/2021		0.0002	0.0002
Plomo	12/02/2021	0.2	0.00487	0.00141
	11/03/2021		0.003	0.003
Zinc	12/02/2021	1.5	3.017	0.014
	11/03/2021		3.457	0.1066

Fuente: CERTEMIN Laboratorios

**Gráfico 13: Resultados de arsénico**

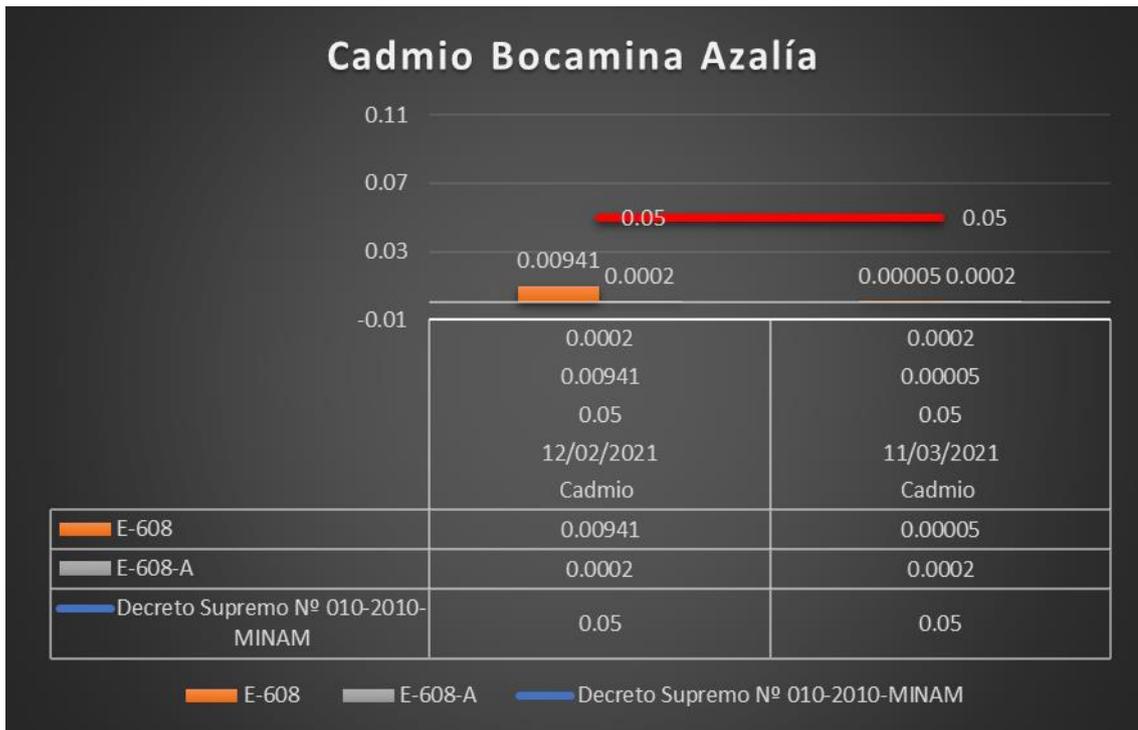


Fuente: Elaboración propia

**Resultado de arsénico en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el arsénico (As) para la actividad minera, para el caso del parámetro arsénico el LMP es de 0.1 mg/Lt, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 13, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las dos estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido .

**Gráfico 14: Resultados de cadmio**

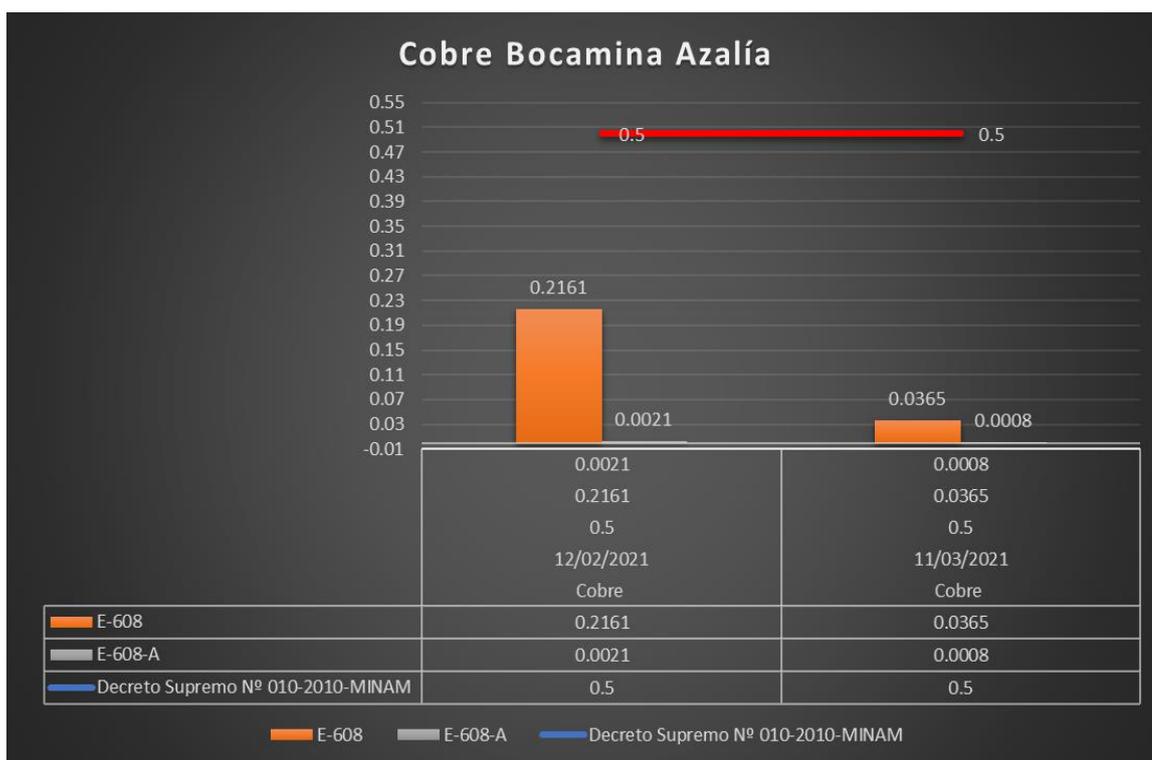


Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de cadmio en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cadmio (Cd) para la actividad minera, para el caso del parámetro cadmio el LMP es de 0.05 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 14, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las dos estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 15: Resultados de cobre**

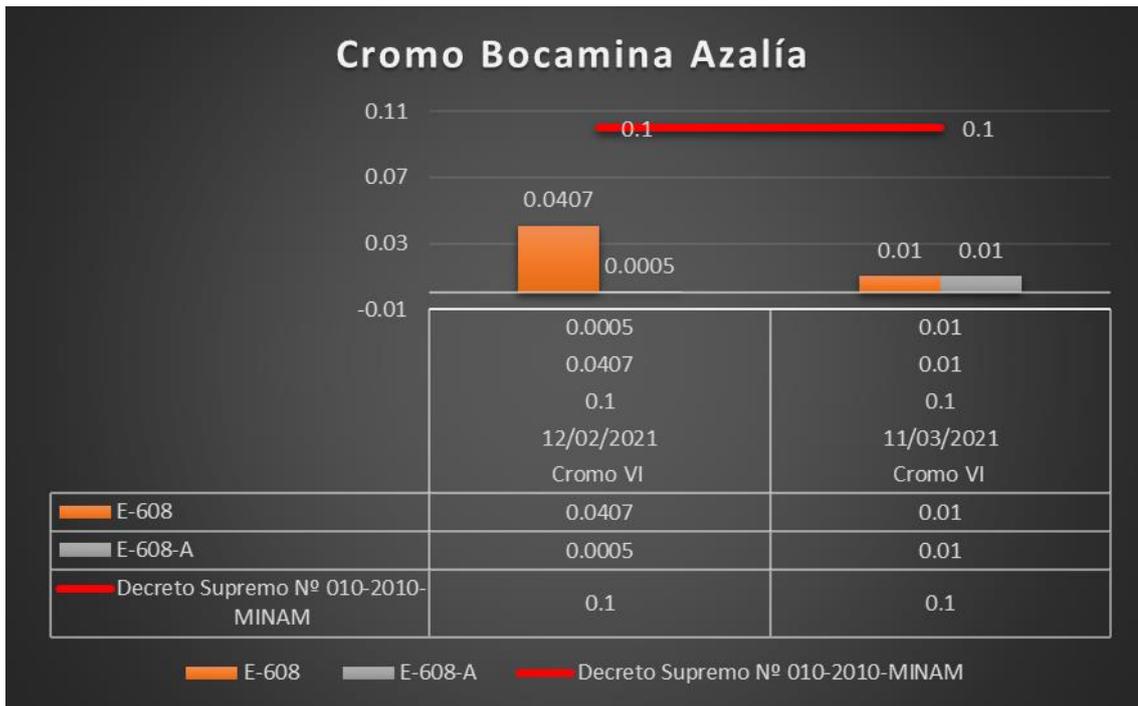


Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de cobre en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cobre(Cu) para la actividad minera, para el caso del parámetro cobre el LMP es de 0.5 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y grafico 15, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las dos estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 16: Resultados de cromo**

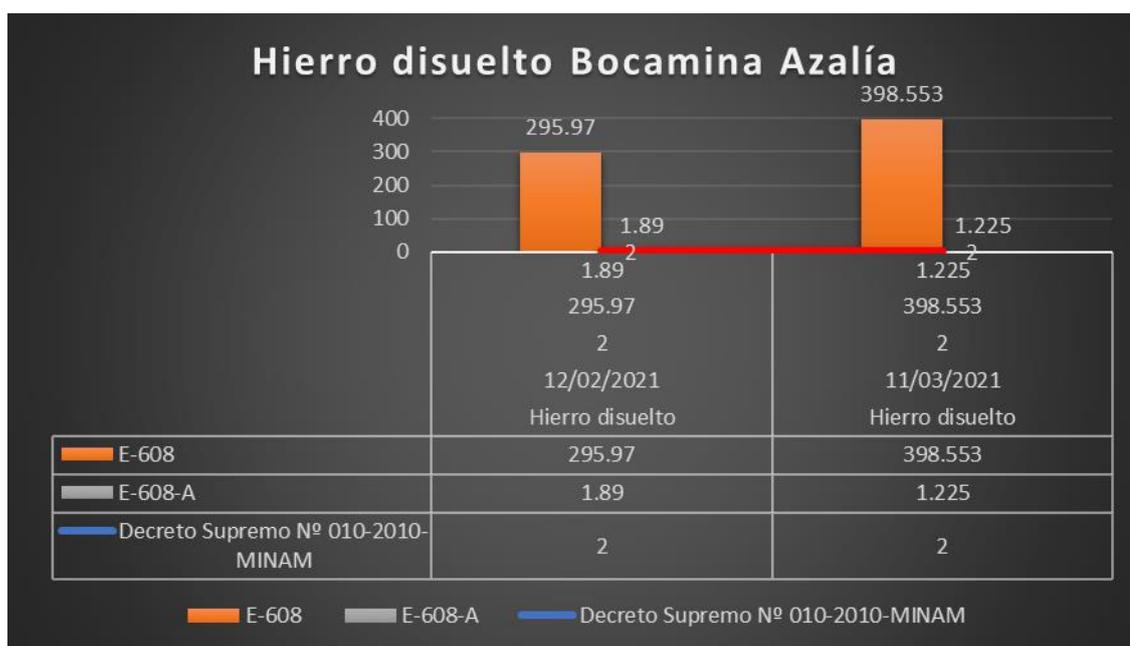


Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de cromo en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el cromo(Cr) para la actividad minera, para el caso del parámetro cromo el LMP es de 0.1 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 16, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las tres estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 17: Resultados de hierro disuelto**

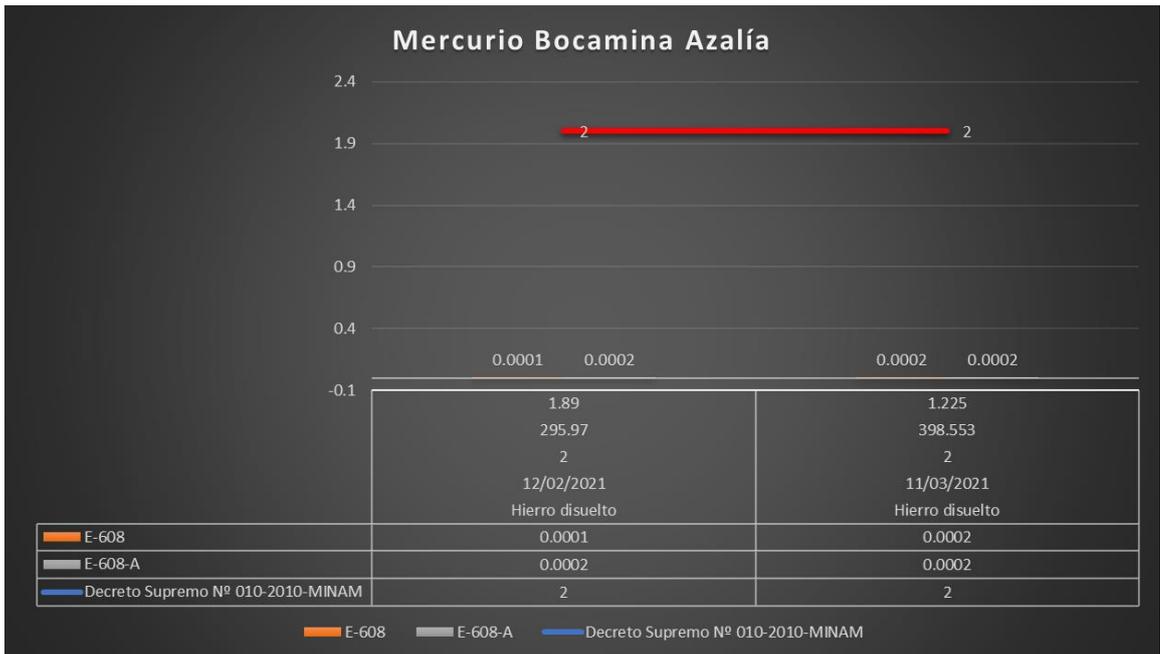


Fuente: Elaboración propia

### Resultado de hierro disuelto en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el hierro disuelto (Fe) para la actividad minera, para el caso del parámetro hierro disuelto el LMP es de 2 mg/Lt, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 17, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en la estación E-608 pasa de los límites máximos permisibles en los meses de febrero y marzo el hierro disuelto de 295.97 mg/Lt y 398.553 mg/Lt respectivamente, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se puede tener en la estación E-608-A se tiene el hierro disuelto dentro de los LMP establecidos en los meses de febrero y marzo.

**Gráfico 18: Resultados de mercurio**

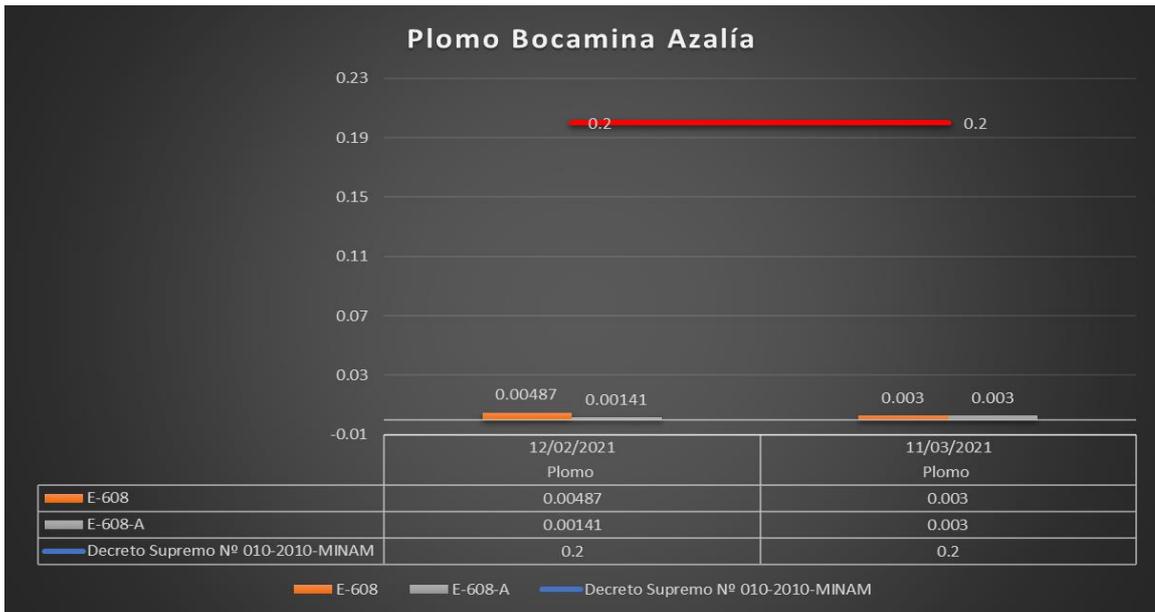


Fuente: Elaboración propia

### Resultado de mercurio en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el mercurio (Hg) para la actividad minera, para el caso del parámetro mercurio el LMP es de 0.002 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 18, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las dos estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 19: Resultados de plomo**

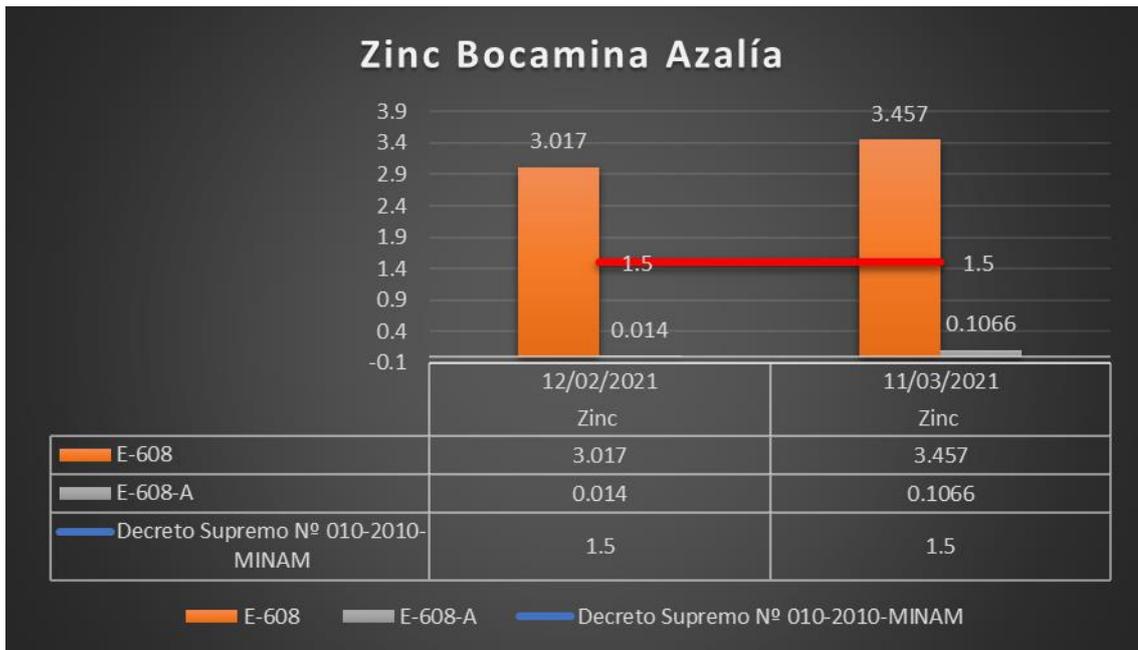


Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de plomo en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía**

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el plomo (Pb) para la actividad minera, para el caso del parámetro plomo el LMP es de 0.2 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 19, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalia y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en las dos estaciones se encuentran dentro de los LMP permitido.

**Gráfico 20: Resultados de zinc**



Fuente: Elaboración propia

### Resultado de zinc en la gestión de aguas ácidas en la bocamina Azalía

Teniendo como referencia el decreto supremo N° 010-2010-MINAM el zinc (Zn) para la actividad minera, para el caso del parámetro plomo el LMP es de 0.2 mg/lit, en base a ello nuestros resultados obtenido se representa en la tabla 7 y gráfico 20, en las estaciones monitoreo E-608 afluente de las bocaminas Azalía y E-608-A efluente del sistema de tratamiento, los resultados en la estación E-608 pasa de los límites máximos permisibles en los meses de febrero y marzo el zinc de 3.017 mg/lit y 3.457 mg/lit respectivamente, a posterior aplicando el tratamiento antes mencionado se puede tener en la estación E-608-A se tiene el zinc dentro de los LMP establecidos en los meses de febrero y marzo.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue:

*“La calidad de efluentes mineros del túnel Pucará y bocamina Azalia de propiedad de Activos Mineros en el distrito de Goyllarisquizga cumple con Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM”.*

Evaluando nuestro resultados al finalizar la investigación determinamos que nuestra hipótesis general y específicas planteada es válida, ya que se pudo evaluar los parámetros físicos y químicos teniendo resultados antes del vertimiento en quebrada Pucara y quebrada Azalía que son afluentes del río Ushugoya cumpliendo con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, asimismo se pudo determinar que el tratamiento utilizado es de tipo activo ello significa que se utiliza reactivos químicos para el tratamiento como son hidróxido de calcio y floculantes.

#### **4.4. Discusión de resultados**

- Antes de nuestra investigación se tenía antecedentes en la quebrada Pucará y Azalía, y consecuentemente el río Ushugoya, está siendo afectada por las elevadas concentraciones de hierro total y aluminio total. Las concentraciones de hierro total en la quebrada Pucará, luego de recibir el aporte del agua del túnel, se mantienen altas, con valores que varían entre 22 y 34 mg/L. Por otro lado, las concentraciones de aluminio total en la quebrada Pucará varían entre 8 y 12 mg/L, reduciéndose tan solo el aproximadamente 30% de las concentraciones totales encontradas en el agua del túnel (11 a 17 mg/L).
- Los resultados antes mencionados conllevo a evaluar la calidad agua que se vierte en las quebradas Pucara y Azalía en el año de la investigación y teniendo resultados positivos donde en la actualidad se cumple con los

parámetros con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

- El tratamiento de aguas acidas utilizada en el túnel Pucara y bocamina Azalía se aplica el método activo ello simboliza que se está utilizando reactivos químicos para el tratamiento como son hidróxido de calcio para la neutralización y floculantes que tiene el fin de precipitar los sólidos suspendidos totales y metales totales.

## CONCLUSIONES

1. La explotación de carbón en los años 1970 hasta 1995 conllevó a la explotación subterránea en las áreas denominadas Pucara, Chontas y Azalía lo cual llevó con el tiempo a dejar pasivos ambientales que hasta la fecha se evidencia que se generan drenaje ácido de mina, desde los años 2000 en adelante se vino implementando el tratamiento de aguas ácidas.
2. En el túnel Pucara y bocamina Azalía se evacúan aguas ácidas que pasa de los límites máximos permisibles en el parámetro físico el pH en ambas fuentes y asimismo en los parámetros químicos en los parámetros de hierro disuelto pasa de los límites máximos permisibles y en la bocamina Azalía el zinc pasa de los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.
3. El tratamiento de aguas ácidas utilizada en el túnel Pucara y bocamina Azalía se aplica el método activo ello simboliza que se está utilizando reactivos químicos para el tratamiento como son hidróxido de calcio para la neutralización y floculantes que tiene el fin de precipitar los sólidos suspendidos totales y metales totales.
4. Por otro lado en la actualidad el tratamiento de aguas ácidas por el método activo es costoso, por donde se utiliza para su neutralización y sedimentación el hidróxido de calcio y floculantes, se desconoce hasta donde se seguirá realizando este método de tratamiento pero sería necesario que se plante otra metodología que ayude a disminuir el volumen de aguas ácidas que se genera en el túnel Pucara y bocamina Azalía.

## **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones propuestas son las siguientes:

1. Difundir la presente investigación a las autoridades, investigadores y estudiantes que ayuden a difundir y sea la base para investigaciones que ayuden a mejorar la calidad de agua del túnel Pucara y bocamina Azalía.
2. Se debe realizar estudio de hidrogeología que ayuden a disminuir el volumen de agua ácidas y por ende reducir los costos elevados en su tratamiento de aguas acidas por el método activo.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Carhuamaca Vilcahuaman, M. (2020). *Análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la estación 2210 CÍA Minera Casapalca S. A.* Huancayo-Perú: Universidad Continental.
- Carhuaz Silvestre, D. (2022). *Tratamiento de aguas ácidas del pasivo ambiental minero relavera Quiulacocha, mediante neutralización del pH, Pasco – Perú.* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles. (2010). Límites Máximos Permisibles de actividades mineros-metalúrgicas.
- Gillen Perez, J. (2020). *Vertimiento de efluentes mineros de mina Marta en la contaminación de las aguas del río Tinyacclla.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo- Perú.
- Grupo Vento. (2018). *Tratamiento de efluentes industriales en minería.* Unión Europeo.
- López Hernández, M., Lacayo Romero, M., Dávila López, A. (2021). Evaluación de la calidad físico-química de las aguas subterráneas y superficiales de la zona minera de Santo Domingo – Chontales. *Torreón Universitaria*, 107-123.
- Ministerio de minería Subsecretaría de Minería. (2002). *Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas.* Chile.
- OEFA. (2015). *Se declara existencia de responsabilidad administrativa de la empresa.* Perú.
- Ríos Vásquez, L., Colegial Gutiérrez, J., Collazo Caraballo, M. (2023). Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en la ciudad de Minas, departamento de Lavalleya, Uruguay. (U. N. Colombia, Ed.) *Boletín de Geología*, 45(1), 103–117.
- Spena Group. (2016). *Tratamiento de Aguas Residuales en Minería.*
- Team, fluence news. (2020). *Tratamiento de Efluentes para la Industria Minera.* 1.

### **Páginas de Internet:**

Congreso de la republica del Perú. (2001). *Actividades de cierre de mina*. Obtenido de

<https://www2.congreso.gob.pe/sicr/tradocestproc/clproley2001.nsf/pley/EB7012C92507F75805256D25005CD530?opendocument#:~:text=El%20problema%20ambiental%20m%C3%A1s%20significativo,el%20tratamiento%20activo%20del%20agua>.

Santa palella., feliberto Martins. (2010). *Tipos de investigación*. Obtenido de

[http://planificaciondeproyctosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseño-de-la-investigación\\_21.html](http://planificaciondeproyctosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseño-de-la-investigación_21.html).

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01**  
**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**  
**ANEXO N° 01-A**  
**Informe de ensayo túnel Pucara**

Página 1 de 13

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° FEB1058.R21**

<b>SOLICITANTE :</b>	ACTIVOS MINEROS S.A.C.
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	Av. Prolongación Pedro Miota N° 421 Z.I. San Juan de Miraflores, Lima
<b>SOLICITADO POR :</b>	Jorge Enrique Flores Rojas
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 46-21 Cadena de custodia N° 178-21/CERTIMIN
<b>REFERENCIA :</b>	Cerro de Pasco Goyllarisquizga / Daniel Alcides Carrion / Pasco Monitoreo Calidad de Agua Planta de Tratamiento Pucará y Azalia
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2021/02/03
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE
<b>PROTOCOLO :</b>	--
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Residual Industrial / Agua Superficial
<b>NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :</b>	8
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	jueves, 04 de Febrero de 2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2021-02-04 al 2021-02-11
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	jueves, 11 de Febrero de 2021
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
*Jefe Ambiental*  
**CQP. 729**

Lima, 11 de Febrero de 2021

---

\*Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.  
\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente.

---

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° FEB1058.R21**

**RESULTADOS**

Muestras		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA1000 Conductiv.* µS/cm	MA0032 CN Total mg/L	MA0058 Cr (VI) mg/L	MA0174 STS mg/L	MA0002 AcyG mg/L	MA0802 Ag (t) mg/L	MA0803 Ag (d) mg/L	MA0802 Al (t) mg/L	MA0803 Al (d) mg/L	MA0802 As (t) mg/L
1	E-604-B	2021-02-03 10:45	Agua Residual Industrial	16.8	8.45	876	<0.005	<0.01	10	<0.50	<0.00001	<0.00001	0.627	0.334	0.0009
2	E-604-A	2021-02-03 10:50	Agua Residual Industrial	16.2	8.39	853	<0.005	<0.01	12	<0.50	0.00008	0.00002	0.636	0.343	0.0014
3	E-604	2021-02-03 10:40	Agua Residual Industrial	14.6	6.37	--	<0.005	<0.01	39	<0.50	<0.00001	<0.00001	10.452	0.043	0.0247
4	TP-cd	2021-02-03 10:55	Agua Residual Industrial	15.3	7.11	660	<0.005	<0.01	<5	<0.50	<0.00001	<0.00001	0.015	0.012	0.0079
5	API-Puc	2021-02-03 11:25	Agua Superficial	11.6	8.39	420	<0.005	<0.01	<5	<0.50	<0.00001	<0.00001	0.059	0.009	0.0003
6	E-608A	2021-02-03 14:30	Agua Residual Industrial	11.9	8.55	698	<0.005	<0.01	<5	<0.50	0.00005	0.00004	194.434	155.547	0.0036
7	E-608	2021-02-03 14:46	Agua Residual Industrial	--	2.60	--	<0.005	<0.01	17	<0.50	0.00012	<0.00001	3.103	0.699	0.0004
8	API-AZ	2021-02-03 15:00	Agua Superficial	15.1	7.93	353	<0.005	<0.01	<5	<0.50	<0.00001	<0.00001	0.027	0.010	0.0002

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
Temperatura\*, pH\*, Conductiv.\*: son datos proporcionados por el cliente.

LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

**INFORME DE ENSAYO  
N° FEB1058.R21**

Muestras		Ensayos																			
N°	Código de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	
	Ensayo	As (d)	B (t)	B (d)	Ba (t)	Ba (d)	Be (t)	Be (d)	Bi (t) *	Bi (d) *	Ca (t)	Ca (d)	Cd (t)	Cd (d)	Ce (t)	Ce (d)	Co (t)	Co (d)	Cr (t)	Cr (d)	Cu (t)
Unidad		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección LD		0.0001	0.003	0.003	0.00005	0.00005	0.0003	0.0003	0.02	0.02	0.05	0.05	0.00005	0.00005	0.02	0.02	0.00009	0.00009	0.0005	0.0005	0.0001
1	E-604-B	0.0007	0.111	0.107	0.01042	0.00976	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	165.78	132.63	<0.00005	<0.00005	0.07	0.04	0.00266	0.00033	<0.0005	<0.0005	<0.0001
2	E-604-A	0.0006	0.106	0.084	0.01127	0.01107	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	173.75	172.43	<0.00005	<0.00005	0.07	0.06	0.00746	0.00194	<0.0005	<0.0005	0.0002
3	E-604	0.0005	0.113	0.090	0.01550	0.01240	0.0007	<0.0003	<0.02	<0.02	127.99	102.39	<0.00005	<0.00005	0.04	0.04	0.10593	0.08475	<0.0005	<0.0005	<0.0001
4	TP-cd	0.0017	0.038	0.031	0.02310	0.02211	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	100.38	80.30	<0.00005	<0.00005	0.04	0.04	0.00246	0.00235	<0.0005	<0.0005	0.0001
5	API-Puc	0.0003	0.014	0.012	0.04131	0.03904	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	56.33	45.06	<0.00005	<0.00005	<0.02	<0.02	0.00031	0.00015	<0.0005	<0.0005	0.0007
6	E-608A	0.0029	0.274	0.219	0.00232	0.00185	0.0228	0.0182	<0.02	<0.02	189.48	151.58	0.01280	0.01279	0.17	0.14	0.66391	0.53113	0.0549	0.0439	0.3195
7	E-608	0.0003	0.156	0.125	0.01972	0.01578	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	853.11	825.24	0.00008	0.00006	0.12	0.12	0.00739	0.00111	<0.0005	<0.0005	0.0007
8	API-AZ	0.0001	0.055	0.044	0.03038	0.02898	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	108.76	87.01	<0.00005	<0.00005	0.03	0.03	0.00121	0.00082	<0.0005	<0.0005	<0.0001

INFORME DE ENSAYO  
N° FEB1058.R21

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802
	Ensayo	Cu (d)	Fe (t)	Fe (d)	Hg (t)	Hg (d)	K (t)	K (d)	Li (t)	Li (d)	Mg (t)	Mg (d)	Mn (t)	Mn (d)	Mo (t)	Mo (d)	Na (t)	Na (d)	Ni (t)	Ni (d)	P (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Límite de Detección LD	0.0001	0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.01	0.01	0.004	0.004	0.02	0.02	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.01	0.01	0.0005	0.0005	0.06
1	E-604-B	<0.0001	1.47	0.09	0.0004	0.0003	3.43	2.75	0.106	0.106	24.18	19.34	0.05105	0.03533	0.00096	0.00078	3.14	2.51	0.0067	0.0026	<0.06
2	E-604-A	0.0001	1.93	0.06	0.0004	0.0003	3.41	2.72	0.107	0.105	26.75	23.00	0.13361	0.07775	0.00096	0.00077	3.12	2.49	0.0173	0.0078	<0.06
3	E-604	<0.0001	58.43	35.77	0.0003	0.0003	3.50	2.80	0.115	0.112	34.87	27.90	0.62619	0.50096	0.00060	0.00019	3.27	2.62	0.1871	0.1871	<0.06
4	TP-cd	<0.0001	1.05	0.47	0.0005	0.0004	1.18	0.94	0.020	0.016	24.21	19.37	0.08259	0.06607	0.00088	0.00084	2.85	2.50	0.0017	0.0014	<0.06
5	API-Puc	0.0006	0.40	0.08	0.0005	0.0004	0.51	0.40	<0.004	<0.004	16.43	13.15	0.02787	0.01405	0.00043	0.00034	0.40	0.38	0.0007	0.0005	<0.06
6	E-608A	0.2556	270.18	216.14	0.0006	<0.0001	0.96	0.77	1.172	0.938	62.59	50.07	6.91832	5.53466	0.00012	<0.00005	1.55	1.24	0.9481	0.7585	<0.06
7	E-608	0.0006	1.24	0.09	0.0007	0.0005	2.39	2.27	0.861	0.729	27.20	26.57	0.57321	0.50639	0.00108	0.00086	1.93	1.54	0.0096	0.0008	<0.06
8	API-AZ	<0.0001	0.60	0.07	0.0004	0.0004	4.36	4.20	0.064	0.051	34.52	33.29	0.08582	0.05233	0.00017	0.00016	1.61	1.29	0.0036	0.0032	<0.06

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° FEB1058.R21**

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	
	Ensayo	P (d)	Pb (t)	Pb (d)	Sb (t)	Sb (d)	Se (t)	Se (d)	SiO2 (t)	SiO2 (d)	Sn (t)	Sn (d)	Sr (t)	Sr (d)	Ti (t)	Ti (d)	Tl (t)	Tl (d)	U (t)	U (d)	V (t)
Unidad	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Limite de Detección LD	0.06	0.00005	0.00005	0.0001	0.0001	0.001	0.001	0.02	0.02	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.00001	0.00001	0.001	
1	E-604-B	<0.06	0.00023	0.00019	0.0005	0.0004	<0.001	<0.001	3.27	2.93	0.0003	0.0002	0.6798	0.5438	0.02	<0.01	0.0003	0.0003	0.00014	0.00013	<0.001
2	E-604-A	<0.06	0.00061	0.00056	0.0005	0.0004	<0.001	<0.001	3.44	2.89	0.0003	0.0003	0.6271	0.6156	<0.01	<0.01	0.0005	0.0004	0.00013	0.00013	<0.001
3	E-604	<0.06	0.00073	0.00058	0.0001	<0.0001	<0.001	<0.001	9.88	8.22	0.0003	0.0002	0.5340	0.4272	<0.01	<0.01	0.0007	0.0005	0.00022	<0.00001	0.002
4	TP-cd	<0.06	0.00144	0.00133	0.0002	0.0002	<0.001	<0.001	8.08	6.47	0.0003	0.0003	0.4148	0.4103	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00015	0.00012	<0.001
5	API-Puc	<0.06	0.00067	0.00053	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.001	4.31	3.45	0.0002	0.0002	0.0372	0.0297	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00032	0.00030	<0.001
6	E-608A	<0.06	0.00810	0.00648	0.0002	<0.0001	0.003	0.003	80.12	64.10	0.0005	<0.0001	0.2042	0.1633	<0.01	<0.01	0.0011	0.0011	0.00376	0.00301	0.004
7	E-608	<0.06	0.00071	0.00053	<0.0001	<0.0001	0.001	0.001	1.38	1.07	<0.0001	<0.0001	0.9652	0.7722	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00046	0.00044	<0.001
8	API-AZ	<0.06	0.00060	0.00025	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.001	7.75	7.37	0.0002	0.0002	0.1311	0.1049	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00035	0.00028	<0.001

INFORME DE ENSAYO  
N° FEB1058.R21

Muestras		Ensayos		
N°	Código de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803
	Ensayo	V (d)	Zn (t)	Zn (d)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L
	Límite de Detección LD	0.001	0.001	0.001
1	E-604-B	<0.001	0.014	0.011
2	E-604-A	<0.001	0.030	0.011
3	E-604	<0.001	0.441	0.377
4	TP-cd	<0.001	0.011	0.009
5	API-Puc	<0.001	0.015	0.012
6	E-608A	0.003	3.026	2.884
7	E-608	<0.001	0.027	0.013
8	API-AZ	<0.001	0.007	0.004

**ANEXO N° 01-B**  
**Informe de ensayo bocamina Azalía**

## INFORME DE ENSAYO N° FEB1144.R21

<b>SOLICITANTE :</b>	ACTIVOS MINEROS S.A.C.
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	Av. Prolongación Pedro Miota N° 421 Z.I. San Juan de Miraflores, Lima
<b>SOLICITADO POR :</b>	Jorge Enrique Flores Rojas
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 46-21 Cadena de custodia N° 269-21/CERTIMIN
<b>REFERENCIA :</b>	Cerro de Pasco Goyllarisquizga / Daniel Alcides Carrion / Pasco Monitoreo Calidad de Agua Planta de Tratamiento Azalia
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2021/02/12
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE
<b>PROTOCOLO :</b>	--
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Residual Industrial
<b>NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :</b>	2
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	sábado, 13 de febrero de 2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2021-02-13 al 2021-02-19
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	viernes, 19 de febrero de 2021
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
*Jefe Ambiental*  
**CQP. 729**

Lima, 19 de febrero de 2021

---

\*Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.\*  
\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce\*.  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.

---

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° FEB1144.R21**

**RESULTADOS**

Muestras		Ensayos														
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA0802 Ag (t) mg/L	MA0803 Ag (d) mg/L	MA0802 Al (t) mg/L	MA0803 Al (d) mg/L	MA0802 As (t) mg/L	MA0803 As (d) mg/L	MA0802 B (t) mg/L	MA0803 B (d) mg/L	MA0802 Ba (t) mg/L	MA0803 Ba (d) mg/L	MA0802 Be (t) mg/L
1	E-608-A	2021-02-12 11:05	Agua Residual Industrial	13.7	8.50	0.00003	0.00003	2.111	0.684	0.0006	0.0005	0.156	0.140	0.02075	0.01965	<0.0003
2	E-608	2021-02-12 11:15	Agua Residual Industrial	14.1	--	0.00008	<0.00001	182.034	163.831	0.0040	0.0036	0.252	0.226	0.00288	0.00259	0.0301

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
Temperatura\*, pH\*: son datos proporcionados por el cliente.  
LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° FEB1144.R21**

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802
	Ensayo	Be (d)	Bi (t) *	Bi (d) *	Ca (t)	Ca (d)	Cd (t)	Cd (d)	Ce (t)	Ce (d)	Co (t)	Co (d)	Cr (t)	Cr (d)	Cu (t)	Cu (d)	Fe (t)	Fe (d)	Hg (t)	Hg (d)	K (t)
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección LD	0.0003	0.02	0.02	0.05	0.05	0.00005	0.00005	0.02	0.02	0.00009	0.00009	0.0005	0.0005	0.0001	0.0001	0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.01	
1	E-608-A	<0.0003	<0.02	<0.02	845.46	192.99	<0.00005	<0.00005	0.08	0.07	0.00742	0.00277	<0.0005	<0.0005	0.0021	0.0009	2.10	1.89	0.0002	0.0002	2.33
2	E-608	0.0284	<0.02	<0.02	191.02	171.92	0.00941	0.00870	0.11	0.10	0.78081	0.77628	0.0453	0.0407	0.2161	0.2147	328.86	295.97	<0.0001	<0.0001	1.00

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**INFORME DE ENSAYO  
N° FEB1144.R21**

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802
	Ensayo	K (d)	Li (t)	Li (d)	Mg (t)	Mg (d)	Mn (t)	Mn (d)	Mo (t)	Mo (d)	Na (t)	Na (d)	Ni (t)	Ni (d)	P (t)	P (d)	Pb (t)	Pb (d)	Sb (t)	Sb (d)	Se (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.01	0.004	0.004	0.02	0.02	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.01	0.01	0.0005	0.0005	0.06	0.06	0.00005	0.00005	0.0001	0.0001	0.001
1	E-608-A	1.04	1.002	0.902	26.89	24.20	0.72338	0.67180	0.00127	0.00124	1.85	1.67	0.0081	0.0028	<0.06	<0.06	0.00141	0.00124	0.0001	0.0001	0.001
2	E-608	0.90	1.333	1.200	61.54	55.38	10.05635	9.05071	0.00040	0.00036	1.51	1.36	0.8933	0.8040	<0.06	<0.06	0.00506	0.00487	<0.0001	<0.0001	0.004

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**INFORME DE ENSAYO  
N° FEB1144.R21**

Muestras		Ensayos																
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0803 Se (d) mg/L	MA0802 SiO2 (t) mg/L	MA0803 SiO2 (d) mg/L	MA0802 Sn (t) mg/L	MA0803 Sn (d) mg/L	MA0802 Sr (t) mg/L	MA0803 Sr (d) mg/L	MA0802 Ti (t) mg/L	MA0803 Ti (d) mg/L	MA0802 Tl (t) mg/L	MA0803 Tl (d) mg/L	MA0802 U (t) mg/L	MA0803 U (d) mg/L	MA0802 V (t) mg/L	MA0803 V (d) mg/L	MA0802 Zn (t) mg/L	MA0803 Zn (d) mg/L
		0.001	0.02	0.02	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.00001	0.00001	0.001	0.001	0.001	0.001
1	E-608-A	<0.001	1.44	1.30	0.0007	0.0006	0.8183	0.8137	<0.01	<0.01	0.0002	0.0002	0.00048	0.00043	0.001	<0.001	0.014	0.007
2	E-608	0.004	73.76	66.38	<0.0001	<0.0001	0.1975	0.1974	<0.01	<0.01	0.0010	0.0009	0.00307	0.00276	0.008	0.006	3.017	2.915

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**ANEXO N° 02**  
**IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA**

Fotografía N° 001: Vista de los componentes de la planta de tratamiento Azalía



Fotografía N° 002: Vista de monitoreo de muestreo de aguas- Azalía



Fotografía N° 003: Vista del túnel Pucara



Fotografía N° 004: Vista del túnel Pucara en interior

