

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Proceso de tratamiento de las aguas ácidas de
mina y el lodo generado en la compañía minera
Lincuna S.A.**

Romel Paucar Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostroza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 19 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS ÁCIDAS DE MINA Y EL LODO GENERADO EN LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.

Autor:

Romel Paucar Quispe – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 20 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Continental, por ser mi casa de estudio quien me brindó conocimientos y experiencias para mi formación profesional e impulsarme a seguir creciendo en mi formación.

A la compañía minera Lincuna S.A., entidad donde laboro, por impulsar mi crecimiento profesional e involucrarme en su operación brindándome los lineamientos para desempeñar funciones de acuerdo al cargo ejercido y a la vez ofrecer el permiso para elaborar el presente informe de investigación.

Al ingeniero Wilmer Vázquez Cerna, superintendente del área de medio ambiente de la compañía minera Lincuna S.A, por guiarme y enseñarme el proceso operativo de la planta de tratamiento de las aguas ácidas PTAAM.

DEDICDEDICATORIA

A Dios, por enfocarme en el camino del bien y guiarme durante el transcurso de mi vida, brindándome sabiduría y paciencia para culminar satisfactoriamente mi educación profesional y el cumplimiento de mis metas personales.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y permitirme llegar a esta etapa de mi formación personal, puesto que gracias a ellos se me facilitó afrontar toda adversidad que se me presentó.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS----- | iii |
| DEDICATORIA----- | iv |
| ÍNDICE GENERAL ----- | v |
| LISTA DE TABLAS----- | viii |
| LISTA DE FIGURAS----- | xi |
| RESUMEN EJECUTIVO ----- | xii |
| INTRODUCCIÓN ----- | xiii |
| CAPÍTULO I----- | 15 |
| ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA----- | 15 |
| 1.1. Datos generales de la empresa ----- | 15 |
| 1.2. Actividades principales de la empresa----- | 16 |
| 1.3. Reseña histórica de la empresa----- | 16 |
| 1.4. Organigrama de la empresa----- | 20 |
| 1.5. Visión y Misión ----- | 21 |
| 1.6. Bases legales o administrativas ----- | 21 |
| 1.7. Descripción del área donde se realiza las actividades profesionales ----- | 22 |
| 1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa----- | 23 |
| 1.8.1. Cargo desempeñado ----- | 23 |
| 1.8.2. Responsabilidades del bachiller ----- | 24 |
| CAPÍTULO II----- | 26 |
| ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES----- | 26 |
| 2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional ----- | 26 |
| 2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional ----- | 28 |
| 2.3. Objetivos de la actividad profesional----- | 30 |
| 2.4. Justificación de la actividad profesional ----- | 31 |
| 2.5. Resultados esperados----- | 32 |
| CAPÍTULO III----- | 33 |

| | |
|--|-----|
| MARCO TEÓRICO----- | 33 |
| 3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas----- | 33 |
| 3.1.1. La minería ----- | 33 |
| 3.1.2. Medio ambiente ----- | 39 |
| 3.1.3. Problemas ambientales de la minería ----- | 41 |
| 3.1.4. Categoría de los drenajes de mina----- | 43 |
| 3.1.5. Problemáticas del agua ácida de mina ----- | 46 |
| 3.1.6. Sistemas disponibles para el tratamiento de las aguas ácidas de mina ----- | 47 |
| 3.1.7. Tratamiento químico activo del drenaje ácido----- | 49 |
| 3.1.8. Diseño tecnológico de una planta para el tratamiento del agua ácida ----- | 52 |
| CAPÍTULO IV ----- | 55 |
| DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES ----- | 55 |
| 4.1. Descripción de las actividades profesionales ----- | 55 |
| 4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales ----- | 55 |
| 4.1.2. Alcance de las actividades profesionales----- | 56 |
| 4.1.3. Entregables de las actividades profesionales----- | 57 |
| 4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional ----- | 60 |
| 4.2.1. Metodologías ----- | 60 |
| 4.2.2. Instrumentos ----- | 61 |
| 4.2.3. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades ----- | 62 |
| 4.3. Ejecución de las actividades profesionales ----- | 63 |
| 4.3.1. Cronograma de actividades realizadas----- | 63 |
| 4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales ----- | 68 |
| CAPÍTULO V ----- | 70 |
| RESULTADOS----- | 70 |
| 5.1. Resultados finales de las actividades realizadas----- | 70 |
| 5.1.1. Descripción detallada del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina | 70 |
| 5.1.2. Comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos----- | 106 |

| | | |
|----------------------|--|-----|
| 5.1.3. | Comparación de la calidad de agua tratada con las normas peruanas----- | 108 |
| 5.1.4. | Tecnologías usadas en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas----- | 112 |
| 5.1.5. | Propuesta de alternativas y/o tecnologías de tratamiento----- | 113 |
| 5.2. | Logros Alcanzados ----- | 118 |
| 5.2.1. | Para la compañía minera Lincuna SA.----- | 118 |
| 5.2.2. | En el ámbito personal----- | 119 |
| 5.3. | Dificultades encontradas----- | 119 |
| 5.4. | Planteamiento de mejoras ----- | 120 |
| 5.4.1. | Metodologías propuestas----- | 120 |
| 5.4.2. | Descripción de la implementación ----- | 120 |
| 5.5. | Aporte del bachiller en la empresa----- | 121 |
| CONCLUSIONES ----- | | 122 |
| RECOMENDACIONES----- | | 124 |
| BIBLIOGRAFÍA ----- | | 125 |
| ANEXOS----- | | 128 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Rutas de acceso al proyecto Huancapeti | 19 |
| Tabla 2: Variedad de minerales..... | 33 |
| Tabla 3: Tipos de labores de explotación. | 34 |
| Tabla 4: Etapas de la minería de beneficio | 35 |
| Tabla 5: Clasificación de concesiones según la naturaleza de las sustancias | 36 |
| Tabla 6: Clasificación por la forma del yacimiento..... | 36 |
| Tabla 7: Clasificación de la minería por su tamaño | 38 |
| Tabla 8: Etapas de la actividad minera | 39 |
| Tabla 9: Vertientes del uso del medio ambiente | 40 |
| Tabla 10: Minerales generadores de acidez y neutralizadores..... | 42 |
| Tabla 11: Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad de los minerales | 44 |
| Tabla 12: Proceso de formación del drenaje ácido | 46 |
| Tabla 13: Técnicas de tratamiento potencialmente aplicables para los efluentes mineros | 48 |
| Tabla 14: Agentes empleados para la eliminación de iones metálicos pesados por precipitación. | 52 |
| Tabla 15: Cronograma del plan de monitoreo ambiental | 59 |
| Tabla 16: Cronograma de actividades como operario de PTAAM | 64 |
| Tabla 17: Cronograma de actividades durante en Sifoneo de agua tratada en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2..... | 65 |
| Tabla 18: Cronograma de actividades como operario de filtro prensa de lodos | 66 |
| Tabla 19: Cronograma de mantenimiento y limpieza de componentes de la PTAAM | 67 |
| Tabla 20: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el arranque y parada de la PTAAM..... | 71 |
| Tabla 21: Equipos, herramientas y materiales necesarios para el arranque y parada de la PTAAM..... | 71 |
| Tabla 22: Procedimiento de ejecución para la parada y arranque de la PTAAM | 71 |
| Tabla 23: Restricciones para la ejecución de la parada y arranque de la PTAAM | 72 |
| Tabla 24: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la preparación de la lechada de cal..... | 74 |
| Tabla 25: Equipos, herramientas y materiales necesarios para la preparación de la lechada de cal | 74 |
| Tabla 26: Procedimiento de ejecución para la preparación de lechada de cal..... | 75 |
| Tabla 27: Restricciones para la ejecución de la preparación de la lechada de cal | 77 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 28: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la preparación del floculante | 78 |
| Tabla 29: Equipos, herramientas y materiales necesarios para la preparación del floculante | 78 |
| Tabla 30: Procedimiento de ejecución para la preparación del floculante | 79 |
| Tabla 31: Restricciones para la ejecución de la preparación de la lechada de cal | 80 |
| Tabla 32: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la dosificación de los reactivos químicos | 81 |
| Tabla 33: Equipos, herramientas y materiales necesarios para la dosificación de los reactivos químicos | 82 |
| Tabla 34: Procedimiento de ejecución para la dosificación de los reactivos químicos | 82 |
| Tabla 35: Restricciones para la ejecución de la dosificación de los reactivos químicos | 84 |
| Tabla 36: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos | 85 |
| Tabla 37: Equipos, herramientas y materiales necesarios para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos | 86 |
| Tabla 38: Procedimiento de ejecución para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos | 86 |
| Tabla 39: Restricciones para la ejecución de la dosificación de los reactivos químicos | 89 |
| Tabla 40: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el sifoneo y recirculación del agua tratada..... | 90 |
| Tabla 41: Equipos, herramientas y materiales necesarios para el sifoneo y recirculación del agua tratada..... | 90 |
| Tabla 42: Procedimiento de ejecución para el sifoneo y recirculación del agua tratada..... | 91 |
| Tabla 43: Restricciones para la ejecución del sifoneo y recirculación del agua tratada | 92 |
| Tabla 44: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación | 93 |
| Tabla 45: Equipos, herramientas y materiales necesarios para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación | 94 |
| Tabla 46: Procedimiento de ejecución para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación | 94 |
| Tabla 47: Restricciones para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación | 96 |
| Tabla 48: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la operación del filtro prensa de lodos | 97 |
| Tabla 49: Equipos, herramientas y materiales necesarios para la operación del filtro prensa de lodos..... | 98 |
| Tabla 50: Procedimiento de ejecución para la operación del filtro prensa de lodos | 98 |
| Tabla 51: Restricciones para la operación del filtro prensa de lodos | 101 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 52: Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos | 102 |
| Tabla 53: Equipos, herramientas y materiales necesarios para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos | 103 |
| Tabla 54: Procedimiento de ejecución para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos | 103 |
| Tabla 55: Restricciones para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos | 105 |
| Tabla 56: Comparación de los parámetros físico-químicos obtenidos de la muestra sin tratar y tratado con la norma D.S N° 010-2010-MINAM..... | 109 |
| Tabla 57: Comparación de los parámetros físico-químicos obtenidos del monitoreo a 330 m aguas abajo de la unión de quebrada Hércules y Pallca con el D.S N° 004-2017-MINAM... | 110 |
| Tabla 58: Ensayos haciendo uso de lodo como agente alcalinizador adicional a la cal en la PTAAM..... | 114 |
| Tabla 59: Comparación del consumo teórico de cal con el consumo de lodo alcalinizador mas cal en el tratamiento del agua ácida en el PTAAM..... | 114 |
| Tabla 60: Comparación del consumo de cal más lodo alcalinizador con datos de consumo de cal sin lodo en el año 2023 | 115 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Mapa de ubicación del proyecto Huancapeti..... | 18 |
| Figura 2: Mapa de ubicación de la compañía minera Lincuna SA..... | 18 |
| Figura 3: Organigrama de la compañía minera Lincuna S.A. | 20 |
| Figura 4: Personal involucrado en el área de medio ambiente. | 23 |
| Figura 5: Esquema general del proceso de contaminación | 41 |
| Figura 6: Formación de aguas ácidas de mina | 45 |
| Figura 7: Esquema de una planta de tratamiento convencional para aguas ácidas | 52 |
| Figura 8: Proceso de Lodos de Alta Densidad (HDS)..... | 53 |
| Figura 9: Esquema de una planta de tratamiento de aguas ácidas mediante el proceso de neutralización y coagulación dinámica (NCD)..... | 54 |
| Figura 10: Planta de tratamiento de aguas ácidas mediante el proceso Bioteq (la reducción del sulfato y recuperación de metales) | 54 |
| Figura 11: Centro de control de motores de la PTAAM..... | 73 |
| Figura 12: Tanques de preparación de lechada de cal N° 1 y N° 2..... | 77 |
| Figura 13: Tanques de preparación de floculante N° 1 y N° 2..... | 81 |
| Figura 14: Dosificación de la lechada de cal en el tanque de neutralización N° 1. | 85 |
| Figura 15: Tanques de neutralización y oxidación para la medición de los parámetros fisicoquímicos. | 89 |
| Figura 16: Dilución de lodo en la poza de sedimentación N° 2. | 97 |
| Figura 17: Proceso de descarga final del lodo seco hacia el volquete para su disposición final..... | 102 |
| Figura 18: Estructura interna del filtro prensa de lodos para el cambio de lonas y placas. .. | 106 |
| Figura 19: Planta de tratamiento de aguas ácidas HDS (highdensity sludge). | 118 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe de suficiencia profesional titulado “Proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina y el lodo generado en la compañía minera Lincuna S.A.”, tiene como objetivo estandarizar los lineamientos del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina generado producto de las actividades de extracción y procesamiento de los minerales.

El método de investigación empleado fue de tipo aplicada de nivel descriptivo del método deductivo. Para realizar esta estandarización se realizó una descripción detallada del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina, así mismo se realizó una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos empleados en la PTAAM y una comparación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua tratada con las normas, el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – (Bebida de Animales y riego de cultivos) y el D.S N° 010-2010-MINAM, LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, para finalizar se describió detalladamente las tecnologías empleadas durante el proceso de tratamiento y se propusieron nuevas alternativas y/o tecnologías para mejorar la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales industriales de origen minero, obteniéndose como resultado la identificación de tres fases que abarcan el proceso de tratamiento como: etapa 1 (Planta de tratamiento de las aguas ácidas PTAAM), etapa 2 (Pozas de sedimentación N° 1 y 2) y Etapa 3 (Planta de filtro prensa de lodo) a partir de ello se establecieron lineamientos para la estandarización en estas tres etapas de tratamiento el cual servirá de guía a los operadores antiguos o personal nuevo además según la comparación teórica los metales pesados suelen precipitarse como hidróxidos insolubles en un intervalo de tratamiento de pH que suele estar entre 8,5 a 10, por lo que la dosificación empleada en la PTAAM oscila en los rangos de tratamiento de pH entre 8 a 9, mientras que para la dosificación del floculante que se emplea es de 1 ml por cada 1L de agua a tratar, a partir de esto el resultado de la comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada muestra que con respecto a la comparación del ECA se puede ver que el pH del efluente de la quebrada Hércules y Pallca a 330 m aguas abajo es de 7.30 el cual se encuentra dentro de los parámetros mientras que para la comparación del LMP no se llevó a cabo porque la compañía minera Lincuna S.A., no realiza el vertimiento de su agua residual industrial a ningún cuerpo de agua adyacente ya que todo el agua tratada se recircula nuevamente para la operación, Finalmente de acuerdo a los resultados se concluye que la implementación de la estandarización de los lineamientos mejorará el proceso de tratamiento de las aguas ácidas además permitirá continuar con el cumplimiento de los LMP y ECA sin perjuicio del medio ambiente.

Palabras clave: Efluente, parámetro, vertimiento, dosificación, tratamiento, PTAAM.

INTRODUCCIÓN

El presente informe de suficiencia profesional se desarrolló en la compañía minera Lincuna S.A., es una empresa minera subterránea polimetálica categorizada como mediana minería que desarrolla distintas actividades como: exploración, explotación, tratamiento y comercialización de minerales metálicos.

La compañía minera durante el desarrollo de sus actividades genera impactos al medio ambiente y a la sociedad, pero como una empresa minera formal y responsable tiene como base fundamental en su instrumento de EIA - de compromisos para mitigar este impacto, el cual para dar cumplimiento a estos compromisos siempre está diseñando y planteando nuevas estrategias a la vanguardia del avance de la ciencia; además la implementación de estos permite reducir el impacto ambiental y social.

Para mitigar el impacto ambiental, la empresa tiene como principal compromiso ambiental realizar el tratamiento de sus efluentes generados durante el desarrollo de sus actividades en las 4 principales bocaminas en operación Hércules, Sansón, Coturcán y Caridad.

El área responsable de administrar y velar la gestión de las instalaciones de la PTAAM donde se realiza el tratamiento de las aguas ácidas es el área de medio ambiente, además es el encargado de desarrollar nuevos proyectos de acuerdo a la necesidad de impacto ambiental que se produce en toda el área de concesión minera de la empresa.

Se describe a continuación el contenido del informe:

En el capítulo I, se describe a la organización en lo que respecta a los términos legales que le corresponden, así mismo se detalla las actividades que desarrolla la empresa y las funciones que desempeñó el bachiller de acuerdo al puesto desempeñado.

Mientras que en el capítulo II, se presentan los aspectos generales, antecedentes o diagnóstico situacional, los objetivos, la justificación del informe, y las metas planteadas.

Así mismo en el capítulo III, se muestra el fundamento teórico.

De igual manera en el capítulo IV, se muestran las funciones realizadas por el bachiller, los aspectos técnicos, las metodologías y la ejecución de las actividades realizadas.

Finalmente, en el capítulo V, se muestran los resultados, las metas alcanzadas, la propuesta de mejoras y los logros del bachiller en la institución.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de la empresa

1.1.1. Empresa titular

- Razón social : COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.
- Tipo de empresa : Sociedad anónima
- RUC : 20458538701
- Condición : Activo
- Fecha de inicio de actividad : Agosto, 2016
- Actividad económica : Exploración, explotación, tratamiento y comercialización de minerales metálicos.
- Dirección legal : Av. República de Colombia Nro. 791 Dpto. 804 (Frente al Colegio Alfonso Ugarte)
- Distrito/Ciudad : San Isidro
- Departamento : Lima, Perú
- Representante legal : Miguel Ángel Sánchez Valdez

1.1.2. Empresa sub contratista

- Razón social : KUSIMAYU S.A.C
- Tipo de empresa : Sociedad Anónima cerrada
- RUC : 20603773943
- Condición : Activo
- Inicio de actividad : 01 diciembre 2018
- Actividad económica : Importador y/o exportador
- Dirección legal : Pj. Ladislao Mesa Nro. 527 Bar. Pumacayan
- Distrito/Ciudad : Huaraz
- Departamento : Ancash, Perú

1.2. Actividades principales de la empresa

La compañía minera Lincuna S.A., es una empresa minera polimetálica categorizada como mediana minería que desarrolla distintas actividades como: exploración, explotación subterránea, tratamiento y comercialización de minerales metálicos.

La explotación de los minerales se desarrolla en las distintas labores subterráneas con un área de uso minero total de 1 089,32 ha a través de 29 bocaminas con una extracción de aproximadamente de 3 000 000 TM/año de mineral en bruto siendo trasladado hasta la planta de procesamiento con volquetes con capacidad de 25 m³.

El procesamiento y/o tratamiento de los minerales de sulfuros de zinc, plomo, cobre y plata se realizan en la planta concentradora, siendo su capacidad máxima de producción y límite permitido de 3 000 TMD según su EIA, pero actualmente el proyecto minero ha presentado su MEIA para incrementar su capacidad de producción de concentrado hasta 5 000 TMD teniendo proyectando producir hasta 10 000 TMD esto se llevará a cabo con la implementación de una nueva infraestructura para procesar dicho volumen.

1.3. Reseña histórica de la empresa

La compañía minera Lincuna S.A., inició sus operaciones en agosto del 2016 con 415 trabajadores, su producción de concentrado de mineral comenzó a pequeña escala hasta llegar a producir 1400 TMD, posterior a las exploraciones realizadas en el año 2018 la empresa logró incrementar su producción hasta 3000 TMD el cual es su volumen de procesamiento de concentrado en la actualidad, siendo principalmente los minerales que explota la plata, plomo y zinc en todo el área de concesión del proyecto Huancapetí, la unidad minera se encuentra en el distrito de Aija mientras que la planta de beneficio se ubica en el distrito de Recuay, provincia de Aija, departamento de Áncash, delimitado por la Cordillera Negra a una altitud de entre los 3800 a 4400 metros sobre el nivel del mar.

Para continuar contribuyendo al desarrollo y crecimiento local, regional y nacional, en el 2019 la unidad minera inició con los estudios para modificar su instrumento de gestión ambiental EIA – d y presentar una modificatoria de su estudio de impacto ambiental (MEIA) del proyecto Huancapetí, para ello involucró y fomentó la participación activa de los pobladores, autoridades civiles y sociales, así como de los representantes de las organizaciones del Estado, además para la elaboración de este informe la empresa eligió a la consultora Ausenco, previa a la elaboración del MEIA la empresa desarrolló el primer taller participativo que involucró a las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia

directa e indirecta del área de concesión minera, llevando a cabo las reuniones en La Merced el 16 de diciembre del 2019, Aija el 18 de diciembre del 2019, Recuay el 19 de diciembre del 2019 y Ticapampa el 28 de enero del 2020.

Durante los estudios de Ausenco de la Línea Base Ambiental del MEIA la empresa dio a conocer al público el avance de los resultados y la descripción del proyecto de acuerdo a las normativas, el cual fue expuesto en el segundo taller participativo en las comunidades involucradas donde en Aija y La Merced se expuso el 24 de enero del 2022 mientras que en Recuay y Ticapampa se expuso el 25 de enero del 2022.

El 24 de febrero del 2023 la empresa presenta al SENACE el informe N° 00165-2023-SENACE-PE/DEAR que contempla la Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Huancapetí, donde esperan incrementar su producción hasta 10000 TMD y propone ampliar el recrecimiento del depósito de relaves hacia la cota 4532 msnm. Actualmente la MEIA sigue en audiencia pública en el distrito de Ticapampa para la aprobación del informe técnico.

1.3.1. Ubicación geográfica

Políticamente, el proyecto está ubicado entre los distritos de Aija y la Merced, provincia de Aija y los distritos de Recuay y Ticapampa, provincia de Recuay; ambas provincias de la región de Ancash. La ciudad de Huaraz se encuentra a aproximadamente 380 km al noreste del Proyecto, mientras que el poblado de Recuay se ubica a 8,68 km al este y el poblado Aija a 9,62 km. La coordenada de la ubicación del proyecto se encuentra a 222 982 E y 8 919 999 N.

Hidrográficamente, el Proyecto se ubica entre las cuencas del río Santa y Huarmey, específicamente en las microcuencas río La Merced, quebrada Santiago, quebrada Colca Racra, quebrada Florida, río Mallqui, quebrada Chiriach, quebrada Sipchoc, quebrada Santiago y dos intercuencas del río Santa, los cuales son tributarios de los ríos Santa y Huarmey



Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto Huancapetí.
 Fuente: Informe MEIA de la compañía minera Lincuna SA., (1).

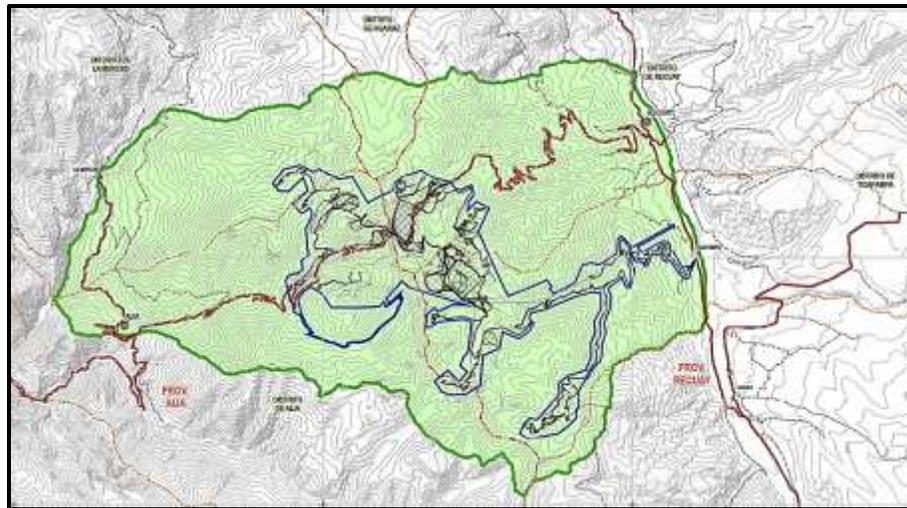


Figura 2. Mapa de ubicación de la compañía minera Lincuna SA.
 Fuente: Informe MEIA de la compañía minera Lincuna SA., (1).

1.3.2. Accesos

El acceso hacia el área del proyecto contempla dos rutas por vía terrestre desde Lima hasta el pueblo de Recuay, y posteriormente continuando por vía afirmada hacia el Proyecto Huancapetí. El trayecto terrestre desde Lima hasta el Proyecto dura aproximadamente ocho horas.

Tabla 1.
Rutas de acceso al proyecto Huancapetí.

| TRAMO | VÍA / TIPO | DISTANCIA | TIEMPO ESTIMADO |
|------------------------------|---|------------------|------------------------|
| Ruta 1 | | | |
| Lima - Huaraz | Carretera Nacional – asfaltada (PE-3N) | 402,5 km | 09 horas |
| Huaraz - Recuay | Carretera Nacional – asfaltada (PE-3N) | 26,6 km | 1 hora |
| Recuay – Proyecto Huancapetí | Vía Departamental afirmada (AN-109) | 24 km | 1 hora |
| Ruta 2 | | | |
| Lima - Recuay | Carretera Nacional – asfaltada (PE-3N) | 376,6 km | 08 horas |
| Recuay – Proyecto Huancapetí | Vía Departamental afirmada (AN-109) | 24 km | 1 hora |

Fuente: Informe MEIA de la compañía minera Lincuna SA., (1).

1.4. Organigrama de la empresa

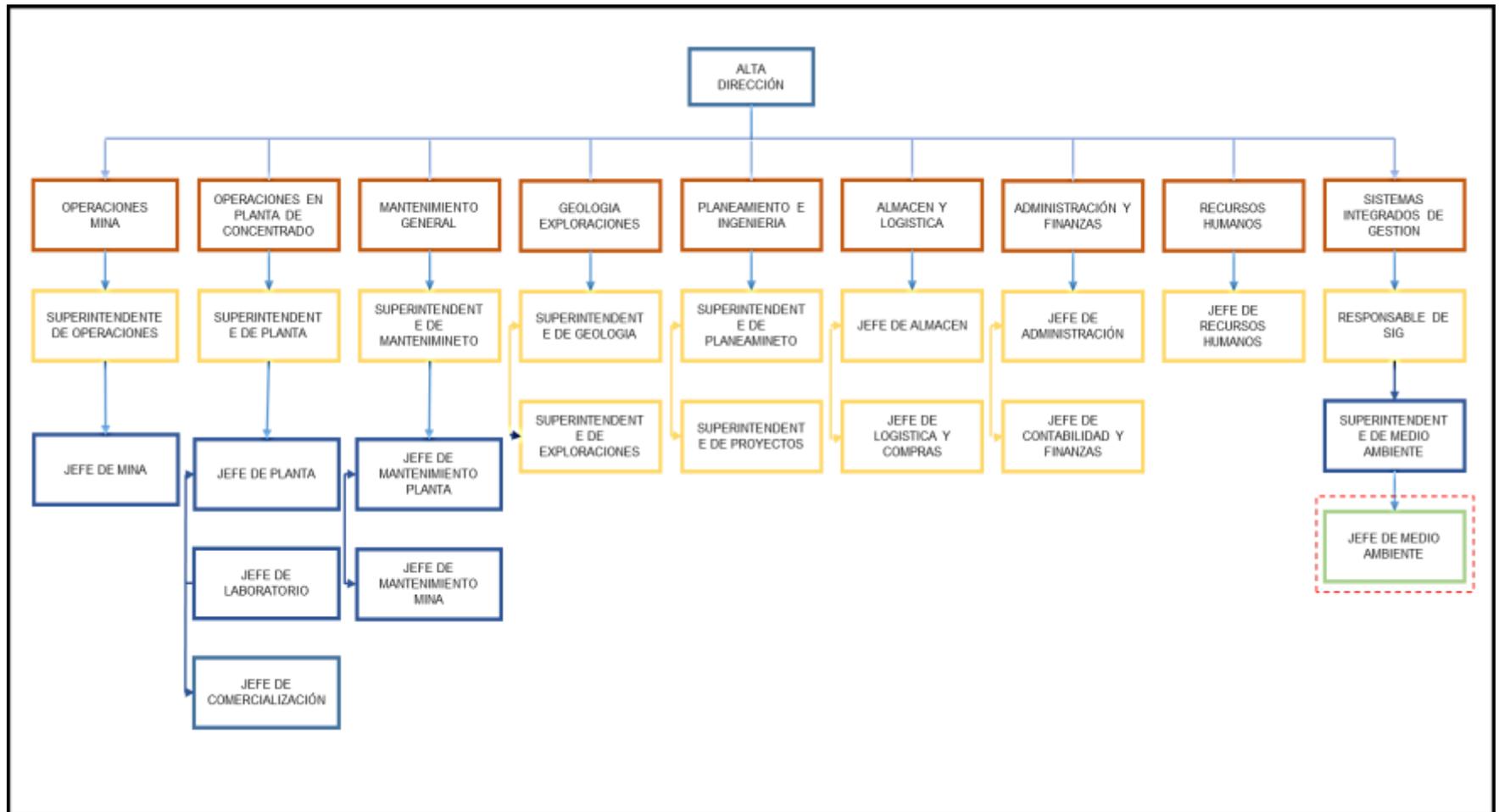


Figura 3. Organigrama de la compañía minera Lincuna S.A.

1.5. Visión y Misión

La compañía minera Lincuna S.A. ha formulado su visión y misión de acuerdo a las actividades que desarrolla en el mercado peruano el cual lo lleva como identidad corporativa pero también ha implementado valores orientados a sus colaboradores internos y relación con otras empresas para mejorar su imagen e impulsar el trabajo colaborativo y el compromiso laboral para cumplir satisfactoriamente sus metas a mediano y largo plazo.

1.5.1. Visión

Ser líder en la gestión de negocios mineros y referencia a modelo a seguir en cuanto a las mejores prácticas de seguridad, cuidado del medio ambiente e interacción con las comunidades.

1.5.2. Misión

Somos una empresa minera sostenible, en base a una gestión real, eficaz, responsable social, seguridad ocupacional, productivo, calidad y cuidado del medio ambiente, trabajando para el crecimiento organizacional y comunitario de nuestro país.

1.6. Bases legales o administrativas

1.6.1. Normativa ambiental

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y sus modificatorias.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (modificada por D.L. N° 1078, D.L. N° 1394, Ley N° 29325, Ley N° 30011 y Ley N° 30327.
- D.S. N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- D.S. N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias.
- D.S. N° 012-2017-MINAM, Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados.
- D.S. N° 011-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- D.S. N° 003-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

- D.L. N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, modificado por el Decreto Legislativo N° 1501.
- D.S. N° 014-2017-MINAM Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

1.6.2. Normativa general para el subsector minero

- D.S. N° 040-2014-EM, Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, y modificatorias
- Ley N° 28090, Ley de Cierre de Minas, modificada por la Ley N° 28507 y Ley N° 31347 y su Reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 033-2005-EM.

1.6.3. Normativa para la participación ciudadana en el subsector minero

- D.S. N° 028-2008-EM, Reglamento de Participación Ciudadana en el Sector Minero.
- R.M. N° 304-2008-MEM/DM, Aprueban Normas que regulan el Proceso de Participación Ciudadana en el Subsector Minero.
- D.S. N° 002-2009-MINAM, Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales.

1.7. Descripción del área donde se realiza las actividades profesionales

El área de medio ambiente, es parte fundamental de los procesos operativos y de soporte de la empresa, comprende mejor cuál es el impacto que genera la dinámica operativa en las zonas de explotación minera de la empresa es por ello que constantemente está identificando cuales son los procesos que generan una mayor contaminación y en base a ello propone medidas y/o estrategias eficaces para reducir el impacto al entorno ambiental.

Es por ello que para la ejecución de las medidas preventivas que involucran mitigar el impacto ambiental el área cuenta con el instrumento de gestión ambiental de la empresa (EIA – d) donde contempla detalladamente cuales son los impactos ambientales que genera cada actividad y su medida de control por lo que el personal de planta y superficie conjuntamente con la supervisión deben estar expectantes por hacer cumplir estos compromisos ambientales hacia las demás áreas.

Cabe mencionar que la actividad más primordial a llevar a cabo por el área es realizar el tratamiento de las aguas ácidas generado producto de sus actividades extractivas de los minerales por la empresa en la PTAAM y el lodo generado producto del tratamiento en la planta de filtro prensa de lodos por lo que el personal que realiza esta actividad está bajo la supervisión directa la jefatura.

El área está conformada por los siguientes profesionales:

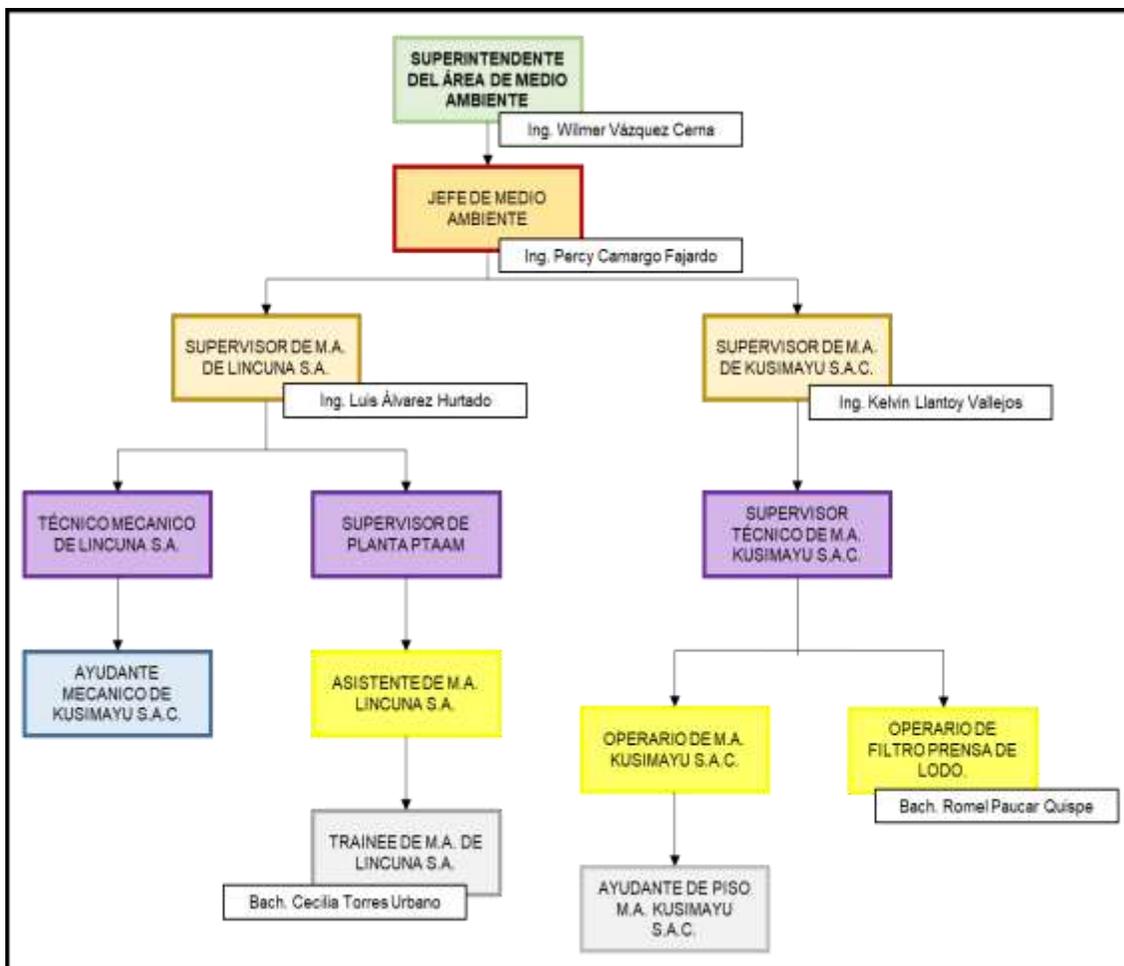


Figura 4. Personal involucrado en el área de medio ambiente.

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

1.8.1. Cargo desempeñado

El desarrollo de las actividades operacionales en el área de medio ambiente como profesional se ha orientado específicamente en el campo del tratamiento de las aguas residuales industriales (agua ácida de mina), para ello se ha asumido los siguientes cargos como:

1.8.1.1. Operario de Medio Ambiente

- Unidad Orgánica: Área de Medio Ambiente (Compañía).
- Línea de dependencia: Superintendencia de Medio Ambiente.
- Tiempo de trabajo: 8 meses (Octubre – Mayo).

1.8.1.2. Operario de Filtro Prensa de Lodos

- Unidad Orgánica: Área de Medio Ambiente (Compañía).
- Línea de dependencia: Superintendencia de Medio ambiente.
- Tiempo de trabajo: 4 meses (Junio – Octubre), recategorización de cargo.

1.8.2. Responsabilidades del bachiller

Las funciones que desempeñé como bachiller en la empresa fue estar involucrado directamente en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas para ello he asumido diferentes responsabilidades de acuerdo a la etapa de tratamiento como operario de medio ambiente y operario de filtro prensa de lodos.

Para describir las funciones de cada cargo y diferenciarlas se detallarán a continuación respectivamente.

1.8.2.1. Operario de medio ambiente

Las responsabilidades que corresponden a este cargo implican estar involucrado en la operación de dos componentes principales que forman parte de la línea del proceso de tratamiento los cuales son:

a. Operador de PTAAM (Planta de tratamiento de aguas ácidas de mina)

- Arranque y parada en la planta de tratamiento de aguas ácidas de mina.
- Preparación de reactivo químico (lechada de cal).
- Preparación de reactivo químico (Floculante).
- Dosificación de reactivos químicos.
- Monitoreo y medición de parámetros químicos.

- Limpieza de los componentes de la PTAAM.

b. Encargado de pozas de sedimentación (Sifonero)

- Sifoneo de agua tratada en la PTAAM.

- Dilución de lodo en las pozas de sedimentación P1 y P2.
- Bombeo de lodo en superficie.
- Bombeo de lodo al interior de la mina.
- Bombeo de agua ácida de las pozas de las desmonteras de Hércules.
- Limpieza de componentes de las pozas de sedimentación P1 y P2.

1.8.2.2. Operario de filtro prensa de lodo

Como proceso final del tratamiento del agua ácida se realiza el procesamiento del lodo acumulado en las pozas de sedimentación que resulta de la PTAAM en la planta de filtro prensa de lodos para ello se realizan las siguientes funciones.

- Operación de la planta de filtro prensa de lodos.
- Controlar el ciclo de filtrado.
- Cambio de lonas en el filtro prensa de lodos en caso de no filtrar adecuadamente o se rompan.
- Cambio de placas en el filtro prensa de lodos en caso de rupturas.
- Descarga de lodo tratado al volquete para su disposición final.
- Limpieza de los componentes de la planta filtro prensa.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

La compañía minera Lincuna desde el inicio de sus actividades de exploración, explotación, tratamiento y comercialización de minerales metálicos en el año 2016 bajo el proyecto Huancapetí ha asumido diversos desafíos ya que dentro de su estudio de impacto ambiental (EIA – d) no solo contempla realizar el manejo ambiental generado por sus operaciones mineras dentro de su área de concesión sino también gestionar los pasivos ambientales dejados por la minería informal, estos pasivos antes de la llegada de la empresa a la zona fue la fuente principal de contaminación en todo el entorno ambiental porque afectaba severamente a las microcuencas de agua que las comunidades campesinas usaban para su consumo, riego y/o bebidas de sus animales, esta problemática ha supuesto un reto a la empresa porque ha incrementado sus gastos operativos para remediar esta situación además las constantes fiscalizaciones ambientales por parte de OEFA, ANA y representantes de las comunidades campesinas le han comprometido a subsanar esta problemática en un corto plazo.

El compromiso ambiental que asumió la empresa con estos pasivos ambientales ha sido realizar un cierre progresivo de las bocaminas, desmonteras, remediar las áreas afectadas y tratar el agua ácida que discurre de estos pasivos, para llevar a cabo principalmente el tratamiento de estos drenajes ácidos la empresa ha recurrido a la asesoría de diversas consultoras, además de implementar una serie de infraestructuras, el cual consta de una planta de tratamiento de aguas ácidas (PTAAM), redes de sifoneo con pozas de sedimentación y una planta de tratamiento de lodo generado en la PTAAM.

La implementación de estas infraestructuras está compuesta por tres etapas, siendo la PTAAM la primera etapa del proceso de tratamiento, esta infraestructura diseñada para un caudal máximo de 60 l/s donde ingresa el drenaje ácido de los pasivos ambientales y de las distintas bocaminas en operación de la empresa, desde su puesta en funcionamiento en el año 2016 se le ha venido implementado nuevos componentes como agitadores para la preparación de reactivos así como para los tanques de neutralización, oxidación y floculación además de sistemas de tuberías para la dosificación de reactivos, salchichas en el pre sedimentador para la retención de grasas y un peachímetro para la medición de los parámetros, desde mi llegada al empresa al área de medio ambiente en octubre del 2023 he

recibido una constante capacitación sobre el manejo y operación de esta infraestructura, además la empresa en el año 2024 realizó la adquisición de nuevos instrumentos de medición de parámetros fisicoquímicos para muestras de agua (multi parametro).

Para la segunda etapa de tratamiento de las aguas residuales industriales, la empresa ha implementado una serie de infraestructuras como pozas de sedimentación y redes de sifoneo para la recirculación del agua tratada, posterior a la puesta en marcha de estos componentes se redujo la eficiencia en el ciclo de tratamiento del agua ácida porque se presentaron una serie de dificultades en la operación de la PTAAM ya que el diseño y manejo que se realizaba al lodo acumulado en las pozas de sedimentación consistía en bombear este material a las bocaminas como relleno para las labores abandonadas el cual no era eficiente porque las constantes inundaciones de las bocaminas lo que generaba que este material volviera a retornar por las redes canalizadas para la salida del agua ácida ocasionando un mayor ingreso de sedimentos hacia la planta y a la vez un incremento rápido del lodo en las pozas de sedimentación alterando así la calidad del agua tratada que se recircula hacia las labores en superficie e interior mina ya que al acumularse un mayor volumen de lodo en las pozas los flóculos se remueven y no permite que se sedimentan correctamente enturbiando así el agua.

Debido a estas circunstancias y para mejorar el inconveniente de este proceso, en el 2019 la empresa implementa una planta de filtro prensa de lodos con una inversión aproximada de 500 mil dólares para que se realice el tratamiento del lodo mediante el presurizado de membranas el cual garantiza un secado del 80 % del lodo, para agilizar la reducción del lodo en las pozas de sedimentación se ha venido realizando trabajos en esta planta desde su puesta en marcha procesando así un total de tres filtrados y tres descargas de lodo seco para disposición final por guardia, debido a mis capacidades y desempeño laboral en julio del 2024 se me recategorizó para desempeñar funciones en esta última etapa del proceso de tratamiento bajo el puesto de operario de filtro prensa de lodos, actualmente gracias a la eficiencia de esta tecnología se supera en volumen de procesamiento con respecto al lodo que se genera en la PTAAM.

Desde la puesta marcha de estas infraestructuras la empresa ha logrado realizar una mejor gestión ambiental del agua ácida es por ello que ahora se ha planteado el objetivo de optimizar los procesos de operación para una mayor eficiencia, para llevar a cabo este cometido está implementado una serie de estrategias como recircular el lodo que tiene un pH alcalino de 9 a 10 para tratar el agua ácida lo que le permitirá ahorrar en el consumo de reactivos químicos y reducir su consumo energético, además de la instalación de boyas

fabricado a base de cilindros utilizados para instalarlos en las pozas de sedimentación para que rompa los flóculos y se realice una mejor sedimentación lo que generará una mejor calidad del agua tratada y se pueda emplear sin afectar los procesos operativos además del uso en el riego de las áreas verdes revegetadas.

Gracias a estas iniciativas y propuestas de medidas innovadoras para optimizar el proceso de tratamiento del agua ácida, la empresa se ha ganado un reconocimiento de sostenibilidad y por ello la compañía minera Lincuna S.A. se ha proyectado a seguir expandiéndose, por lo que en febrero del 2023 presentó al SENACE el informe N° 00165-2023-SENACE-PE/DEAR dónde contempla la modificatoria de su estudio de impacto ambiental MEIA para incrementar su volumen de procesado de concentrado de mineral hasta 10 000 toneladas por día.

Es relevante mencionar que para garantizar que los resultados de la operación de la PTAAM estén dentro de los parámetros direccionados por la empresa y las entidades fiscalizadoras. El profesional involucrado en proceso y su grupo operativo en guardia deben realizar los trabajos en constante comunicación y coordinación, además de tomar parte activamente en los programas de capacitación que la empresa brinda a sus colaboradores para mejorar el proceso.

El compromiso de la compañía minera Lincuna S.A., es continuar siendo una negocio sostenible y responsable con el medio ambiente por ello siempre está implementando nuevas estrategias para optimizar el tratamiento en la PTAAM y modernizando sus componentes con constantes actualizaciones tecnológicas existentes en el mercado además de involucrar al personal para generar nuevas ideas y propuestas para lograr este cometido.

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Según la Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente, artículo 122, (2). “Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, ECA y otros estándares establecidos en sus instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes”.

En ese contexto según, el reglamento de la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, artículo 131 y 133, (3). “Las aguas residuales industriales generadas como producto de las actividades de la mediana y gran minería, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de

agua o reusadas deben ser sometidas a un tratamiento previo por sus características de calidad. Ello a fin de cumplir con los LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, así como los valores máximos admisibles, cuando corresponda”.

La compañía minera Lincuna S.A. en cumplimiento del marco normativo recibe contantes fiscalizaciones ambientales por OEFA ya que, de acuerdo a la Ley General de Minería, aprobado por el Decreto Supremo N° 014-92-EM, donde establecen los niveles o estratos de las mineras en el Perú, la empresa se encuentra catalogada dentro de los estratos de mediana y gran minería por ende esta autoridad es la competente para realizar la fiscalización en materia ambiental a todo área de concesión y/o explotación minera por la empresa.

Además, esta autoridad si durante la ejecución de sus actividades de fiscalización ambiental identifica la presencia de vertimiento de las aguas residuales industriales a un cuerpo natural de agua por una empresa y/o institución y a la vez no cuenta con los permisos de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA - Reglamento de procedimientos administrativos para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reusó de aguas residuales tratadas (4), esta autoridad podrá dar inicio del proceso administrativo sancionador (PAS), y además de poner en conocimiento a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para que, en el marco de sus competencias, intervengan de acuerdo a lo establecido en la en la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento (3).

Por otro lado, de acuerdo al Reglamento de Participación Ciudadana del Subsector Minero aprobado por el Decreto Supremo N° 028-2008-EM, (5). “Las comunidades campesinas que se encuentren dentro de un espacio geográfico sobre el que la actividad minera ejerce algún tipo de impacto ambiental y social, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM), es el ente competente para orientar, dirigir y llevar a cabo el proceso de participación ciudadana para que se realice una explotación sostenible de los recursos minerales”.

Debido a las regulaciones del marco legal a la actividad minera, la empresa tiene la obligación de realizar el tratamiento de sus aguas residuales industriales de acuerdo a los parámetros que se establecen en las normas peruanas para evitar así sanciones administrativas o el cierre de sus operaciones, es por ello que la empresa minera de la mano la subcontratista Kusimayu S.A.C., necesitan realizar el requerimiento del recurso humano

especializado como operarios de medio ambiente que posean conocimientos, habilidades y conozcan el proceso de tratamiento de los efluentes ácidos de mina.

El soporte que brindó a la empresa como profesional es garantizar que los indicadores de la calidad del agua que resulta del proceso de tratamiento se encuentren dentro de los lineamientos de las normativas peruanas, además de mostrar a los organismos de fiscalización ambiental como OEFA y ANA cuando realizan las inspecciones técnicas en la unidad minera que las aguas residuales industriales generadas por la actividad minera no genera contaminación alguna a las cuencas hidrográficas cercanas a la mina. Es importante mencionar que las comunidades campesinas que se ubican dentro del área de influencia del proyecto minero también tienen participación en las fiscalizaciones ambientales realizando un monitoreo conjunto y participativos de ambas partes a los cuerpos de agua, es por ello la importancia del operario de medio ambiente.

La necesidad de la empresa de mejorar su eficiencia de su proceso de tratamiento para dar cumplimiento al marco normativo me ha permitido desarrollar como profesional a beneficio de la empresa lineamientos para la estandarización del proceso de tratamiento de las aguas residuales industriales generados por su operación, el cual servirá como guía a los operadores de la PTAAM, además se propondrá nuevas alternativas y/o tecnologías de tratamiento, mientras que el beneficio personal que espero obtener es mi desarrollo profesional en este campo de la rama de medio ambiente.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

Los objetivos de este trabajo de suficiencia profesional han sido identificados de acuerdo a las metas propuestas por la empresa de continuar siendo una empresa sostenible y responsable con el medio ambiente para ello siempre está implementando nuevas técnicas de tratamiento para sus drenajes ácidos a la vanguardia del avance de la ciencia de las tecnologías además de involucrar a su recurso humano para la constante capacitación en estos temas,

Mientras que el propósito que busco en la empresa como bachiller tiene como objetivo desarrollar lineamientos para la estandarización del proceso de tratamiento del agua ácida de mina describiendo las actividades ejecutadas como operario de medio ambiente y operador de filtro prensa de lodo, de igual manera se aportará nuevas propuestas y conocimientos como profesional en el este campo de estudio para que sirva de guía para el personal de planta que están involucrados en estos procesos.

2.3.1. Objetivo General

- Estandarizar los lineamientos del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina generado producto de las operaciones en la compañía minera Lincuna S.A.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Describir detalladamente el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina estandarizando los procesos para que sirva como guía a los operadores de la PTAAM.
- Realizar una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos usados en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina.
- Realizar una comparación con las normas técnicas del cumplimiento de los ECA y LMP de los parámetros de tratamiento de las aguas ácidas de mina.
- Proponer nuevas alternativas y/o tecnologías de tratamiento para las aguas ácidas de mina.

2.4. Justificación de la actividad profesional

El presente trabajo de investigación tiene como propósito establecer lineamientos para estandarizar el proceso de tratamiento de los drenajes ácidos de mina generados producto de las operaciones de la compañía minera Lincuna S.A., con la finalidad de proporcionar una guía a los operadores de la PTAAM y garantizar así una mejor eficiencia en el proceso de tratamiento obteniendo una agua remediada con parámetros fisicoquímicos que se encuentren dentro de los rangos permitidos de acuerdo al marco normativo que regula la actividad minera, el cual se lleva a cabo siguiendo el protocolo de fiscalización en materia ambiental.

Además, esta estandarización aportará a la empresa en su objetivo de continuar siendo un modelo a seguir con las mejores prácticas de seguridad, cuidado del medio ambiente e interacción con las comunidades y/o entorno social.

Mientras que el soporte de esta estandarización brindará a la empresa directrices para tratar sus aguas residuales industriales y nuevas alternativas con métodos innovadores para mejorar la eficiencia de su proceso de tratamiento lo que le permitirá reducir sus costos operativos y garantizar que los parámetros del agua tratada se encuentren dentro de los rangos permitidos de acuerdo a los LMP y ECA para la descarga o reusó de efluentes de origen minero

metalúrgico, mostrando así a los organismos de fiscalización ambiental como OEFA y ANA cuando realicen las inspecciones técnicas en la unidad minera que el drenaje ácido generado por la actividad minera no genera contaminación alguna a las cuencas hidrográficas cercanas a la mina.

2.5. Resultados esperados

- Estandarización de los lineamientos del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina generado producto de las operaciones de la compañía minera Lincuna S.A. para que sirva como guía a los operadores de la PTAAM.
- Se describirá detalladamente el proceso de tratamiento de las aguas ácidas para identificar los procesos que se puedan mejorar y optimizar su operación de manera eficiente.
- Se realizará una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos (cal y floculante) usados en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina para verificar si puede mejorar en el uso y manejo.
- Se realizará una comparación con las normas técnicas peruanas del cumplimiento de los ECA y LMP del resultado de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada no generan contaminación alguna a las cuencas hidrográficas cercanas a la unidad minera.
- Se propondrá nuevas alternativas y/o tecnologías de tratamiento para las aguas ácidas de mina para mejorar el proceso y reducir sus gastos operativos de la empresa.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. La minería

La minería es una de las actividades más antiguas realizada por los seres humanos, con pruebas que se remontan al Paleolítico, este hecho muestra que hace más de 40 000 años los hombres prehistóricos ya extraían minerales como el hierro en el continente africano (6). El desarrollo de esta actividad consiste en la extracción selectiva de minerales metálicos y no metálicos de la corteza terrestre, lo cual, en la mayoría de los casos, implica la remoción física de grandes cantidades de materiales como desmonte, para recuperar sólo una pequeña porción del producto a aprovechar (7).

El objetivo de la minería es obtener minerales y/o combustibles. Estos minerales son un compuesto de materiales extraídos de la corteza terrestre con una concentración elevada de un mineral y/o combustible determinado. Hay una gran variedad de recursos que se pueden obtener de los yacimientos a explotar los cuales pueden clasificarse como se muestra en la **Tabla 2** (7):

Tabla 2.
Variedad de minerales

| GRUPO | MINERALES |
|----------------------------|---|
| Metales | Incluyen los metales: <ul style="list-style-type: none"> • Preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino). Siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio, cromo). • Básicos (cobre, plomo, estaño y zinc). • Ligeros (magnesio y aluminio). • Nucleares (uranio, radio y torio). • Especiales, como el litio, el germanio, el galio o el arsénico. |
| Minerales industriales | Incluyen los de potasio y azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos. |
| Materiales de construcción | Incluyen la arena, la grava, los áridos, las arcillas para ladrillos, la caliza y los esquistos para la fabricación de cemento. En este grupo también se incluyen la pizarra para tejados y las piedras pulidas, como el granito, el travertino o el mármol. |
| Gemas | Incluyen los diamantes, los rubíes, los zafiros y las esmeraldas. |
| Combustibles | Incluyen el carbón, el lignito, la turba, el petróleo y el gas (aunque generalmente estos últimos no se consideran productos mineros). El uranio se incluye con frecuencia entre los combustibles. |

Fuente: Osinergmin (7).

La minería en el Perú ha cambiado gracias a las reformas implementadas en la década de 1990 donde se eliminaron a las empresas estatales y promovieron la inversión privada del extranjero el cual gracias a sus nuevos métodos de explotación de los minerales ha contribuido a que este sector experimente una expansión notable el cual contribuye en el crecimiento económico del Perú llegado a aportar un 13% del PBI entre 1995 y 2015, además de representar más del 75% del valor total de exportaciones entre 2002 y 2015. Hoy el Perú se encuentra entre los principales productores mundiales de cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), estaño (Sn), plata (Ag) y oro (Au) (8).

3.1.1.1. Clasificación de la minería en el Perú

a. Por su tipo de actividad

• Exploración y explotación

La exploración consiste en la búsqueda de depósitos de minerales. Implica demostrar las dimensiones de posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos minerales, considerando para ello dos etapas: la exploración superficial o preliminar, y la exploración a fondo o definitiva.

La explotación minera es la actividad de extracción de los minerales acumulados en un yacimiento. Comprende distintos tipos de labores de explotación como se muestra en la **Tabla 3**, para posteriormente procesar y comercializar los minerales obtenidos (7).

Tabla 3.
Tipos de labores de explotación.

| LABORES | DEFINICIÓN |
|--------------|---|
| Socavón | Labor labrada, a menudo, en la ladera del cerro y que se interna a su interior en forma paralela al horizonte. |
| Pique | Labor construida verticalmente en el cerro. Se llama “chimenea” si su fin es dar ventilación a los lugares de trabajo |
| Chiflón | Socavón labrado en plano inclinado. |
| Galerías | Labores interiores que conducen a los frentes de trabajo. |
| Tajo abierto | Esta labor se caracteriza por su alta productividad y bajos costos de producción. Tal es el caso de los yacimientos mineros de SPCC y Antamina. |

Fuente: Osinergmin (7).

- **Beneficio o procesamiento**

El procesamiento es el conjunto de procesos físicos y/o químicos que se ejecutan para extraer o concentrar las partes valiosas del mineral a aprovechar además de purificar, fundir o refinar los metales como producto final, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

El procesamiento de los minerales se desarrolla en plantas de beneficio, fundiciones, refinerías y otras infraestructuras similares donde la concesión se ejecuta a plazo indefinido.

Tabla 4.
Etapas de la minería de beneficio

| ETAPAS | DEFINICIÓN |
|----------------------|--|
| Preparación Mecánica | Consiste en el proceso de reducción de tamaño, clasificación y lavado del mineral. |
| Metalurgia | En esta etapa se concentran y/o extraen sustancias valiosas de los minerales. |
| Refinación | Consiste en la purificación de metales obtenidos de los procedimientos metalúrgicos. |

Fuente: Osinergmin (7).

- **De labor general**

En esta actividad se prestan servicios auxiliares, como ventilación, desagüe, bombeo del agua acumulada en la labor, izaje o extracción de dos o más concesiones. Esta concesión no está sometida a plazo indefinido por lo general se le denomina “Socavón General”, esta concesión puede ser solicitada por los propios titulares mineros a beneficiarse, sea por uno de ellos o por más de uno, así como por terceros asociados al proyecto. Mientras que los titulares de proyecto minero gozan de la facultad de construir dentro del área de concesión accesos, ventilación y desagüe con la finalidad de mejorar el área de explotación minera y seguridad de los trabajadores, previa indemnización si causan daños (7).

- **Transporte minero**

Esta actividad implica el transporte masivo y continuo de los productos minerales empleando distintos equipos y/o infraestructuras como fajas transportadoras, tuberías, cables carriles o sistemas de transporte previamente aprobados por la

Dirección General de Minería, con informe favorable del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y opinión del Consejo de Minería (7).

b. Por la naturaleza de las sustancias

En la normativa peruana vigente, las concesiones mineras pueden clasificarse como metálicas o no metálicas como detalla en la **Tabla 5**.

Tabla 5.
Clasificación de concesiones según la naturaleza de las sustancias

| TIPOS DE CONCESIÓN | COMENTARIOS |
|-----------------------------------|---|
| Metálicas | Clasificándose a su vez en el ámbito de la industria internacional en metales preciosos (oro, plata y platino) y no preciosos. Se incluyen las sustancias radioactivas. |
| No metálicas | Materiales de construcción, que se encuentran depositados en canteras y álveos o cauces de los ríos, así como sustancias salinas, entre otras. |
| Carboníferas | Pueden ser de distintas variedades (antracita, hulla, lignito y turba). |
| Geotérmicas | Tienen como fin el aprovechamiento de los recursos geotérmicos del suelo y del subsuelo del territorio nacional. |
| Petróleo | En nuestro caso, el petróleo cuenta con un tratamiento particular y distinto al ámbito minero. |
| Piedras preciosas y semipreciosas | Por su naturaleza constituyen minerales no metálicos. No han sido objeto de tratamiento expreso en nuestra legislación minera. |

Fuente: Osinergmin (7).

c. Por la forma de los yacimientos

Tabla 6.
Clasificación por la forma del yacimiento

| CLASIFICACIÓN | FORMA DE YACIMIENTO |
|----------------------------------|---|
| Clasificación de los yacimientos | Capas o mantos |
| | Vetas o filones |
| | Formaciones irregulares |
| | De aluvión, que se encuentran en los lechos aluviales |
| | De veta en rocas |
| | De sedimento en capas |

Fuente: Osinergmin (7).

d. Por su método de Explotación

- De superficie, denominados también a cielo o tajo abierto

En el caso de las minas de explotación superficial se realiza una labor de desbroce del manto terrestre hasta llegar al mineral a explotar, posteriormente se realizan los accesos al yacimiento de tajo abierto.

- Subterráneos o de socavón.

En este caso las minas de explotación subterránea realizan la abertura de un socavón siguiendo las vetas del mineral a explotar, así mismo conforme van profundizado el socavón van construyendo o implementando galerías, piques, chimeneas, rampas, etc.

e. Por el valor económico de las sustancias

El valor del mineral es variable según la oferta y demanda, así como su importancia en la industria que hace uso de este recurso. Se debe tener en cuenta el valor del mineral evaluando si este está reservado estratégicamente por el Estado dado su interés público o sujeto a libre acceso para su explotación privada (7).

f. Por la ubicación de los minerales

- De suelo.
- De subsuelo.
- Depósitos aluviales.

g. Según su denunciabilidad

- Pueden ser entregados en concesión privada o estatal.
- No pueden ser entregados en concesión.

h. Por su tamaño

La minería en el Perú según su tamaño de explotación está dividida en tres grupos pequeña, mediana y gran minería de los cuales la mediana y gran minería son los grandes productores de minerales para la exportación. Además, considerando el tamaño de actividad minera, podemos clasificar bajo dos criterios: según el tamaño de la concesión (según el número de hectáreas que poseen) y según la capacidad productiva (según el número de toneladas métricas que producen por día).

Tabla 7.
Clasificación de la minería por su tamaño

| CRITERIO | GRAN MINERÍA | MEDIANA MINERÍA | PEQUEÑA MINERÍA | MINERÍA ARTESANAL |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--|----------------------------|
| Según el tamaño de la concesión | No aplica | | Más de 1000 hasta 2000 Hectáreas (Has) | Hasta 1000 Hectáreas (Has) |
| Según la capacidad productiva | Más de 5000 t/d | Más de 350 hasta 5000 toneladas / día | Más de 25 hasta 350 toneladas / día | Hasta 25 toneladas / día |

Fuente: Osinergmin (7).

i. Por el tipo de producción

Se reconoce al concentrado de mineral producido según el volumen de producción diaria o anual por la pequeña, mediana o gran minería.

j. Por su legalidad

- Minería formal

Son aquellas concesiones mineras que cuentan con permisos o derechos de explotación en áreas con presencia de recursos minerales y que ejecutan sus operaciones dentro del marco legal.

- Minería informal

Son actividades mineras que no cuentan con permisos ni derechos de explotación además ejecutan sus actividades fuera del marco legal. La minería artesanal desarrolla sus actividades bajo esta modalidad y representa un aproximado de 60 % de las actividades mineras en el Perú.

3.1.1.2. Procesamiento de los minerales

Para que el mineral que se encuentra en la tierra tenga valor y se transforme en un producto comercial se requiere de una inversión de capital, trabajos de extracción y procesamiento, en tal sentido, la actividad minera inicia con la prospección, la cual, comprende el cateo y la prospección geoquímica. Luego, sigue la explotación que se lleva a cabo con técnicas avanzadas que permita diseñar un perfil del yacimiento. Si el perfil es favorable, se lleva a cabo una explotación más avanzada que cuantifique y limite las anomalías.

La explotación es una actividad que se realiza para extraer el mineral. Posterior a la extracción del mineral es necesario su procesamiento en la planta de beneficio para

incrementar su concentración, ya que en estado natural no es siempre comercial. Así mismo la comercialización del concentrado de mineral se realiza tanto a nivel nacional (comercio interno) e internacional (comercio internacional) donde los principales compradores son las fundiciones y refinerías (7).

Tabla 8.
Etapas de la actividad minera

| ETAPAS | OBSERVACIONES |
|---|--|
| Prospección | Comprende el cateo y la prospección geoquímica en el terreno |
| Solicitud de petitorio de área de concesión | Se efectúa en el Registro Público de Minería para proseguir con la exploración. |
| Exploración | Luego del cateo y prospección, sigue la exploración que se ejecuta con técnicas más avanzadas |
| Método de explotación | Se elige en el estudio técnico-económico elaborado en la etapa de exploración. Puede ser superficial (cielo abierto) o subterráneo. |
| Desarrollo y preparación del yacimiento | Se realizan túneles (mina subterránea) o un desencape y las labores de acceso (mina superficial). |
| Explotación | Trabajo que se realiza para extraer el mineral del yacimiento. |
| Concentración | Tratamiento para aumentar la pureza del mineral (i.e. la proporción o ley por tonelada) |
| Comercialización de concentrados | El concentrado se vende a las fundiciones y refinerías ubicadas en el país o en el extranjero. |
| Fundiciones y refinería | El concentrado es elevado a altas temperaturas para eliminar impurezas. Luego se refina por fundiciones sucesivas (acendrado), o por disolución eléctrica. |

Fuente: Osinergmin (7).

3.1.2. Medio ambiente

El medio ambiente es todo el entorno vital, es decir, el conjunto de factores (físico, cultural y social) que nos rodea. También de este concepto podemos concluir que el medio ambiente son las interacciones que puedan generarse entre estos factores. Además, es nuestra fuente de recursos naturales ya que nos provee de materia prima y energía que los humanos necesitamos para el desarrollo de nuestra sociedad (9).

En ese mismo contexto podemos decir que el medio ambiente también es el soporte del desarrollo de nuestras actividades. Lógicamente, todas nuestras actividades se van a llevar a cabo en el medio ambiente por lo que este tiene una capacidad de acogida para cada actividad, a esta capacidad también se le denomina potencial o aptitud del medio.

Es por ello que producto del desarrollo de las actividades humanas el medio ambiente es el ente receptor de los efluentes y/o desechos. El desarrollo de toda actividad produce bienes deseados o productos como parte del proceso final pero también generan subproductos que resultan de proceso que pueden ser aprovechables o descartados, de igual manera se producen efluentes y/o desechos que pueden ser emisiones (gases o partículas que se emiten al aire) o vertidos (líquidos o sólidos que se descargan al agua o al suelo). Así, el medio ambiente recibe estos efluentes a través de sus tres vectores ambientales: el aire, el agua y el suelo (9).

Tabla 9.
Vertientes del uso del medio ambiente

| USOS DEL MEDIO AMBIENTE | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Fuente de recursos naturales | Renovables | Puros o fluentes |
| | | Parcialmente renovables |
| | No renovables | Consumibles |
| | | No consumibles |
| Soporte de actividades | Aptitud del medio | |
| Receptor de efluentes | Aire | |
| | Agua | |
| | Suelo | |

Fuente: Encinas Malagón (9).

3.1.2.1. Contaminación del medio ambiente

Se entiende por contaminación a la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables en concentraciones elevadas que puedan afectar al confort, salud y bienestar de las personas, alterando el uso de lo que ha sido contaminado. Además, la contaminación del aire, agua o suelo están muy relacionadas entre sí y no se pueden aislar a los contaminantes porque pasan

fácilmente de un medio a otro, lo que complica el tratamiento o remediación a los entornos contaminados (9).

En ese contexto el autor Herrmann, menciona que la contaminación también es la introducción de sustancias, organismos o formas de energía a un entorno al que no pertenecen en cantidades o concentraciones superiores que no son propias a esos ambientes, por intervalos de tiempo y en ciertas condiciones tales que puedan interferir con la salud de las personas, especies endémicas, dañar los recursos naturales, alterar el equilibrio ecológico del área y afectar el clima. Esto se da porque al excederse los niveles de sustancias o elementos introducidos externamente la naturaleza no lo puede degradar y reincorporar a los ciclos de transformación de la materia y la energía (6).

La presencia de estas sustancias o elementos pueden ser emitidas por fuentes de emisión naturales o artificiales. Las fuentes artificiales a su vez pueden ser estacionarias o fijas como las industrias o móviles como el tráfico, mientras que las emisiones naturales son emitidas por procesos naturales como las erupciones volcánicas o descomposición de la materia orgánica. Además, los contaminantes que son emitidos directamente por la fuente se les conocen como contaminantes primarios y son emitidos con un flujo de emisión constante por el medio (velocidad) por lo que tienen unidades de masa por unidad de tiempo (9).

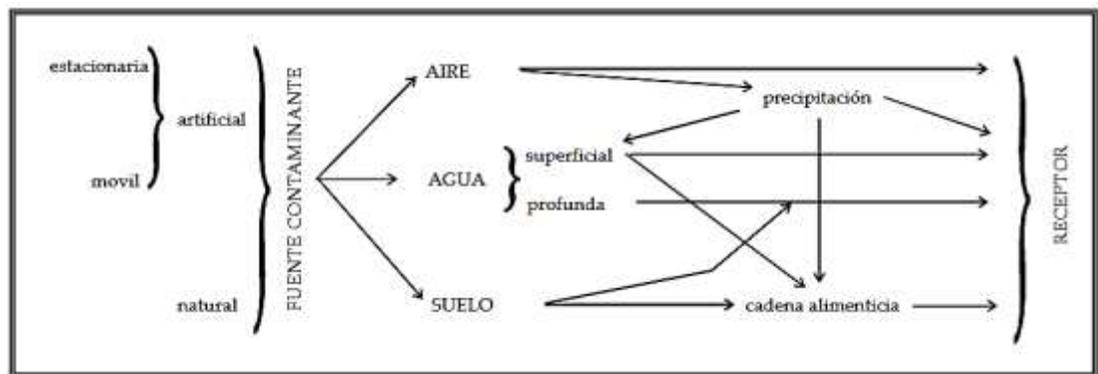


Figura 5. Esquema general del proceso de contaminación
Fuente: Encinas Malagón (9).

3.1.3. Problemas ambientales de la minería

En la minería el impacto ambiental se produce cuando existe la presencia de un yacimiento de mineral el cual producto de las actividades de explotación se expone a la superficie el recurso a aprovechar o el desmonte los cuales, al interactuar con el medio físico como el

oxígeno de la atmósfera, el agua de lluvia o los microorganismos como las bacterias, generan una dispersión al entorno de los metales por procesos naturales, esta dispersión impacta sobre el medio ambiente de diferentes formas e intensidad (6).

La contaminación ambiental por la actividad minera afecta directamente a los ríos, lagunas, pastos y cultivos de las comunidades que se encuentran habitando dentro del lindero del área de concesión del proyecto minero (8), lo que genera la pérdida de la biodiversidad endémica y deterioro de los ecosistemas, pero estos daños ocasionados por la minería generalmente son opacados por los beneficios económicos que trae consigo (10).

3.1.3.1. Principales riesgos ambientales

a. Generación de acidez

El drenaje ácido de mina es considerado uno de los principales causantes con mayor daño al medio ambiente, este es generado por las reacciones químicas que suceden a exponer al aire libre los minerales sulfurosos extraídos de un yacimiento o de la acumulación de desmonte que contengan estas características, el cual como resultado generan un drenaje ácido, así mismo el proceso de oxidación de los sulfuros se da con la presencia de oxígeno del aire en combinación con la presencia del agua de lluvia e interacción de los microorganismos (6).

Tabla 10.
Minerales generadores de acidez y neutralizadores

| MINERALES GENERADORES DE ACIDEZ Y NEUTRALIZADORES | | | |
|--|--|--|--|
| Minerales generadores de acidez bajo condiciones oxidantes | | Minerales neutralizadores de acidez | |
| Pirita, marcasita | FeS ₂ | Calcita | CaCO ₃ |
| Pirrotina | Fe _{1-x} S | Dolomita | (Ca,Mg)(CO ₃) ₂ |
| Bornita | Cu ₅ FeS ₄ | Magnesita | MgCO ₃ |
| Arsenopirita | FeAsS | Smithsonita | Zn CO ₃ |
| Enargita | Cu ₃ AsS ₄ | Malaquita Azurita | Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂ Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂ |
| Tennantita/tetrahedrita | (Cu,Fe,Zn) ₁₂ As ₄ S ₁₃ / (Cu,Fe,Zn) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃ | Aluminosilicatos (Feldespato potásico, plagioclasa) | KAlSi ₃ O ₈ CaAl ₂ Si ₂ O ₈ |
| Calcopirita | CuFeS ₂ | Calcosilicatos (Diópsido, wollastonita, granates) | (Ca,Mg)Si ₂ O ₆ Ca ₃ (Si ₃ O ₉) Ca ₃ (Al,Fe,Cr,V) ₂ (SiO ₄) ₃ ; (Mg,Fe,Mn) ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃ |
| Covellina | CuS | | |
| Esfalerita | ZnS | | |
| Galena | PbS | | |

Fuente: Herrmann, et al (6).

b. Uso de compuestos químicos

La minería usa sustancias potencialmente tóxicas en la planta de beneficio donde procesa el mineral para que obtenga un concentrado de alta pureza de los minerales o metales. Entre ellos hay reactivos químicos que actúan como colectores, espumantes, depresores y modificadores de pH que facilitan la separación y concentración física de los minerales de interés. Así mismo, para la extracción de algunos metales es necesario la disolución y para ello se utilizan compuestos como el ácido sulfúrico, el cianuro y entre otros, a esta técnica se le conoce como lixiviación (6).

c. Dispersión física del polvo

Durante las actividades mineras el polvo puede tener múltiples orígenes, tales como voladuras, procesos de arranque y parada de maquinaria en la mina o cantera, carga y transporte, trituración, molienda, vertido a escombreras y acción del viento sobre la roca aflorante, escombreras o relaveras. Este polvo se denomina técnicamente material particulado (6).

3.1.4. Categoría de los drenajes de mina

Para determinar el tipo de drenaje minero es necesario realizar un muestreo de los efluentes de la mina y sus sedimentos en laboratorio y así poder determinar las concentraciones metálicas presentes, también podemos recurrir a otra metodología el cual consiste en realizar una medición in-situ de parámetros fisicoquímicos de la muestra como: pH, contenido de oxígeno, potencial redox, conductividad eléctrica, temperatura, metales pesados, turbidez y entre otros. Esto independientemente de la fuente que origina a los drenajes de mina, a partir de estos datos se puede subdividir en dos grupos: drenaje alcalino y drenaje ácido (11).

Tabla 11.
Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad de los minerales

| CLASE | pH | DESCRIPCIÓN |
|-------------|-------------|---|
| Acido | < 6 | <ul style="list-style-type: none"> - Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. - Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros. - Asociado a minas metálicas, carbón y piritas. |
| Alcalino | > 9 ó 10 | <ul style="list-style-type: none"> - Alta alcalinidad generada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. - Niveles de algunos metales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros. - Asociado con minería de diamantes, molienda de bauxita, cenizas de combustión de carbón. |
| Casi neutro | 6 – 9 ó 10 | <ul style="list-style-type: none"> - Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados periodos pueden ser ácidos o alcalinos. - Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos. |
| Otros | Irrelevante | <ul style="list-style-type: none"> - Puede afectar la concentración de metales. - Asociado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas, etc. |

Fuente: Aduvire (11).

3.1.4.1. Drenaje alcalino

Las aguas alcalinas en las explotaciones mineras se generan cuando el agua procedente de las filtraciones de la superficie o de acuíferos superpuestos tienen contacto con materiales calizos y dolomíticos, la reacción química que se produce de esta acción hace que HCO₃ sea más significativo que el SO₄ y los contenidos de Ca, Mg y Na sean más elevados que los de Fe y Al (11). Así mismo, la disolución del carbonato cálcico se produce debido a la presencia del anhídrido carbónico en el agua, y da lugar a la siguiente reacción



Sin embargo, su generación no es muy común, pero las aguas alcalinas en algunos casos pueden ser tan dañinas como las aguas ácidas. Este tipo de drenaje es más propenso a generarse en terrenos rocosos que han sufrido alguna alteración que en terrenos de igual geología sin alterar, ya que las superficies libres generan una mayor cantidad de lixiviados. Algunos drenajes alcalinos contienen altas concentraciones de hierro ferroso, ya que tras su oxidación e hidrólisis pueden llegar a cambiar a un drenaje ácido. Estos tipos de vertidos son más frecuentes en minas subterráneas que en las de tajo abierto (11).

3.1.4.2. Drenaje ácido

Un drenaje ácido se genera cuando los minerales ácidos exceden a los alcalinos, estos tienen elevadas concentraciones de SO_4 , Fe, Mn, Al y otros iones, el cual puede tener o no un bajo pH, pero la presencia de Fe, Al y Mn disueltos pueden generar altas concentraciones de iones de H^+ por hidrólisis y bajar el pH (12). El principal causante de la generación de las aguas ácidas de mina es la pirita, además la exposición de los minerales sulfurosos a un entorno físico, químico y biológico tienen gran influencia en su formación, movilidad y amortiguación en la contaminación del agua ácida a los cuerpos de agua (11).

- Sulfuro mineral + (Oxígeno) + (Agua) = Sulfato + (Acidez) + (Metal)

Los drenajes ácidos de mina tienen como característica principal al anión SO_4 y presentan cationes en su mayoría son el Fe, Mn, y Al (11).

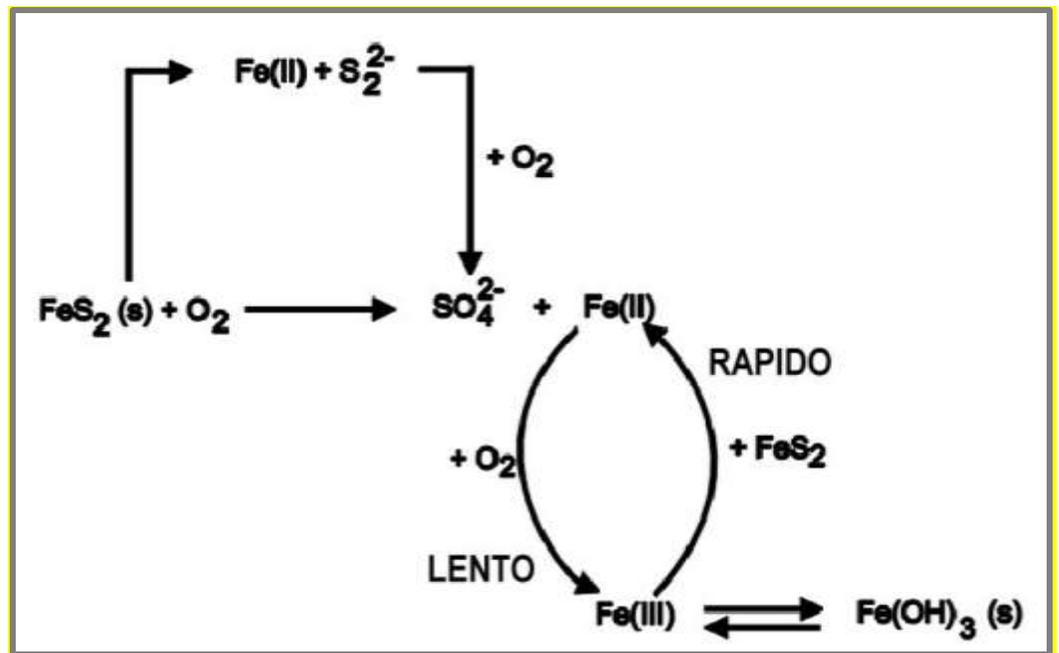


Figura 6. Formación de aguas ácidas de mina
Fuente: Aduvire (11).

Tabla 12.
Proceso de formación del drenaje ácido

| PROCESO DE FORMACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO |
|--|
| <p>1: Al tomar contacto con el oxígeno del aire y el agua de lluvia, se oxida el azufre de la pirita y genera ácido (aunque poca cantidad).</p> $\text{FeS}_2 \text{ (pirita)} + 7/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ |
| <p>2: En esas condiciones, se oxida el hierro ferroso a hierro férrico (y neutraliza un poco del ácido formado).</p> $\text{Fe}^{2+} + 1/4\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 1/2\text{H}_2\text{O}$ |
| <p>3: Se hidroliza el hierro férrico y vuelve a generarse otro poco de ácido. Se observan limonitas.</p> $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{H}^+$ |
| <p>Con los «sobrantes» de las reacciones pueden formarse más minerales.</p> $3\text{FeSO}_4 + 3/4\text{O}_2 + 3/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ |
| <p>4: En la etapa más peligrosa para el Medio Ambiente, el hierro férrico se convierte en un gran oxidante de la pirita y genera gran cantidad de ácido (drenaje ácido). Esto sucede bajo ciertas condiciones, tales como la presencia de determinadas bacterias y de agua, la ausencia de oxígeno y sobre todo con gran cantidad de hierro férrico producido en las etapas anteriores.</p> $\text{FeS}_2 + 14 \text{Fe}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 15 \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+ \text{ (muchísimo ácido!)}$ |

Fuente: Herrmann, et al, (6).

3.1.5. Problemáticas del agua ácida de mina

La minería es una de las actividades industriales con mayor uso del agua, ya que, el uso de este recurso es necesario en cada proceso de su operación, además durante las excavaciones que realiza genera grandes volúmenes de agua principalmente por la infiltración de los acuíferos interceptados y de la escorrentía superficial. Como consecuencia de esta acción todos los proyectos mineros deben de considerar la implementación de acciones para el control y evacuación del agua fuera de las áreas de excavación mediante sistemas de bombeo y el uso de redes de desagüe, así como la aplicación de medidas preventivas para evitar la contaminación ambiental por la generación de este drenaje ácido durante la explotación y cierre posterior (11).

Por otro lado, la acidez del agua de mina genera diversos problemas, ya que a una mayor exposición con el aire se acelera la oxidación química y biológica de los sulfuros,

dando como resultado el aumento de la acidez del drenaje, esto a su vez provoca efectos hidrológicos sobre las aguas subterráneas o superficiales (12), tales como:

- Alteración de la calidad del agua, haciéndola inadecuada para el consumo y otros usos.
- Ocasionar daños ecológicos, alterando o eliminando a las formas de vida biológicas endémicas que están presentes en los cuerpos de agua.
- Deterioro de la naturaleza, por lo que al momento de que se realice la remediación de las áreas afectadas del medio físico también se debe incluir al agua.

3.1.6. Sistemas disponibles para el tratamiento de las aguas ácidas de mina

Generalmente los métodos de tratamiento de los drenajes ácidos están orientados en la eliminación y el aislamiento de los metales y aniones metálicos del agua contaminada. Algunos de estos métodos hacen uso de técnicas de precipitación el cual suele ser efectivo al momento de obtener los resultados finales post tratamiento. Sin embargo, si hay presencia de metales pesados disueltos en la solución en forma de complejos orgánicos, su aislamiento mediante la precipitación directa es complicado sino imposible. En estos casos, el complejo orgánico debería descomponerse antes de añadir la sustancia precipitante (11).

Otras técnicas disponibles son la de oxidación clásica, oxidación bacteriana y ozonización, pero antes de la aplicación de cualquiera de estos tratamientos es necesario realizar un previo análisis de laboratorio de una muestra del efluente para determinar los metales presentes y su estado químico (11).

Cualquier tipo de descarga de efluente minero este debe garantizar que estos contaminantes sean estables y de acuerdo a la legislación sobre las aguas en el sector minero del Perú, haciendo seguimiento que estos no reaccionan ni químicamente ni biológicamente con otros elementos naturales del medio físico y que no generen contaminación alguna. En la tabla 13 se describen detalladamente las técnicas que se pueden emplear para el tratamiento de los efluentes de origen industrial, cabe mencionar que en algunos casos es necesario la combinación de dos o más de estos procesos para conseguir la calidad deseada en los efluentes.

Tabla 13,
Técnicas de tratamiento potencialmente aplicables para los efluentes mineros

| PROCESO | DESCRIPCIÓN | APLICACIONES | COMENTARIOS |
|---------------------------------|---|---|--|
| Electrodialisis | Movilización iónica producida gracias a fuerzas de transferencia eléctrica a través de membranas permeables. La intensidad de corriente necesaria depende de la concentración de la solución. | Desalinización Tratamiento de aguas ácidas | Problemas de mantenimiento de las celdas Límite de concentración de Fe en solución entrante = 1 mg/l Necesario tratamiento previo de la solución Problemas por la evacuación del concentrado |
| Ósmosis inversa | Flujo del disolvente a través de membranas semipermeables gracias a la presión osmótica. | Desalinización Tratamiento de aguas ácidas | Sedimentación de CaSO ₄ en la membrana Elevada presión (de 4 a 10 MPa) Problemas de evacuación del concentrado |
| Intercambio iónico | Resinas aniónicas y catiónicas reemplazan los contaminantes por iones H ⁺ , OH ⁻ y otros. | Desalinización Ablandamiento del agua Tratamiento de aguas ácidas Extracción de uranio | Selectividad y degradabilidad de las resinas |
| Evaporación por destilación | Se evapora el agua pura y se extrae una solución concentrada. | Desalinización tratamiento de aguas ácidas Industria del petróleo | Procesos corrosivos inconvenientes por la evacuación del concentrado |
| Congelación | A medida que se forma el hielo, la solución se hace más concentrada y precipitan las impurezas. | Desalinización Tratamiento de aguas ácidas | Menores costes energéticos que la evaporación La precipitación de metales puede producir problemas de corrosión |
| Flotación iónica con espumantes | El activante liga a los iones disueltos con burbujas de aire. Los residuos se retiran con la espuma. | Concentración de elementos traza en el océano Tratamiento de soluciones muy diluidas | Surfactante residual en el agua Posible aplicación para concentración de mineral a partir de soluciones diluidas |
| Extracción con disolvente | El soluto pasa del agua al disolvente debido a que su solubilidad en éste es mayor que en el agua. El soluto se extrae del disolvente. El disolvente se recircula. | Extracción de uranio. Retirada de contaminantes orgánicos presentes en los efluentes. Tratamiento de aguas ácidas. Separación del petróleo y el agua. | El disolvente puede contaminar el efluente. Hay que evitar las fugas de disolvente. La concentración del soluto en el efluente puede ser todavía grande. Su coste depende del grado de recuperación del disolvente. La recuperación de los metales puede ser mayor del 95 %. |
| Adsorción por carbón activo | Adsorción de metales pesados. | Oxidación del hierro en aguas ácidas | Método económico al utilizar el carbón como catalizador Factible su empleo repetido No es un método de tratamiento completo, sino intermedio |
| Neutrólisis | Combinación de neutralización y ósmosis inversa mediante la recirculación del concentrado del proceso de ósmosis a través de la etapa de neutralización. | Tratamiento de aguas ácidas | Elimina la capa de CaSO ₄ que se formaba en la ósmosis inversa La acumulación de Mn puede causar problemas |

| | | | |
|-------------------------------|---|---|---|
| Oxidación por ozono | Oxidación de ión ferroso a férrico seguida de neutralización. | Tratamiento de efluentes ferrosos y aguas ácidas | Mejor control y menores costes que la oxidación convencional Suplementaria al proceso de neutralización |
| Técnicas de control biológico | Existen distintos métodos. Su aplicabilidad depende de la naturaleza de la solución a tratar y de la disponibilidad de nutrientes. Trabajan en rangos del pH comprendidos entre 6 y 8. En algunos casos con pH entre 3 y 4,5. | Dependiendo de la técnica escogida pueden ser: Reducción de la acidez del medio aumentando su pH. Reducción de la concentración de ion ferroso. Adsorción de metales. Eliminación de compuestos nitrogenados. Eliminación del cianuro empleado en la concentración del oro. | Algunos de los métodos empleados son: Circulación de aguas ácidas a través de humedales artificiales con shagnum o typhas. Procesos de bioadsorción o de adsorción de metales en turba. Barreras biológicas. Nitrificación y desnitrificación bacteriana. Neutralización y reducción bacteriana. |

Fuente: Aduvire (11).

En lo general los métodos de tratamiento de efluentes ácidos se categorizan en dos grupos:

- Métodos activos, donde es necesario el uso de una serie de infraestructuras, como es el caso de una planta química de tratamiento de aguas ácidas.
- Método pasivo, en lo general la intervención humana es mínima, como por ejemplo los humedales, drenajes anóxicos calizos, sistemas de generación de alcalinidad y otros (11).

3.1.7. Tratamiento químico activo del drenaje ácido

En este sistema de tratamiento se incorpora sustancias alcalinas que generalmente suelen ser la cal, cal hidratada, soda cáustica, caliza triturada, amonio o carbonato sódico, con la finalidad de neutralizar la acidez y conseguir las condiciones óptimas para la precipitación de los metales pesados. Estos metales tienden a precipitarse como hidróxidos insolubles en un intervalo de pH que suele estar comprendido entre 8.5 a 10, como por ejemplo el hierro ferroso que suele convierte en hidróxido ferroso a un pH superior a 8.5 mientras que el manganeso tiende a transformarse en insoluble cuando el pH es superior a 9.5, por otro lado, el aluminio suele precipitarse en el agua a un pH de 5.5 pero se vuelve nuevamente soluble a un pH superior a 8.5. Por estas razones, dependiendo la clase de metal pesado y su concentración en el agua ácida se optará por el método de tratamiento más apropiado (11).

En la mayoría de los casos los sistemas de tratamiento de método activo para las aguas ácidas de mina están diseñados para generar la precipitación de los hidróxidos, el cual se desarrolla en tres pasos:

- Oxidación (para convertir Fe^{2+} en Fe^{3+})
- Dosis con álcalis, especialmente $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pero también con $\text{Na}(\text{OH})_2$, NaHCO_3 y otras sustancias.
- Sedimentación.

Cada paso de este método tiende a mejorar la eficiencia en proceso de tratamiento del agua ácida, por lo que al potenciar cualquiera de los pasos mejora el rendimiento del sistema, por ejemplo:

- La oxidación se lleva a cabo normalmente mediante la introducción de una cascada de aireación. Sin embargo, en circunstancias específicas el proceso de oxidación puede mejorarse mediante la aplicación de otros equipos mecánicos o por el uso de reactivos químicos como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) (11).
- En cuanto al proceso de dosificación con reactivos alcalinos, cada reactivo químico tiene sus propias ventajas y desventajas. Generalmente el insumo más económico es la cal apagada. Sin embargo, en procesos de tratamiento donde se requiere precipitar altas concentraciones de Mn, Zn y Cd, la soda cáustica suele ser más económica y eficiente, sin embargo, en plantas de tratamiento con espacios disponibles muy reducidos, se suele usar amoníaco en forma de gas (11).

A continuación, se detallan los procesos de tratamientos químicos más comunes empleados en instalaciones para tratar las aguas ácidas de mina:

a. Tratamiento con cal

Se suele emplear la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ particularmente cuando se realiza el tratamiento de efluentes con un flujo de caudal grande y presencia de una alta acidez, sin embargo, como la cal hidratada es hidrófoba, es necesario de un dispositivo de agitación para obtener una buena mezcla con el agua, además cuando se pretenda eliminar una mayor concentración del hierro (Fe), es fundamental incorporar un sistema de aireación durante la agitación para lograr la oxidación del hierro ferroso hasta que se transforme en hierro férrico. Así mismo esta técnica tiene una limitación

ya que cuando se requiera precipitar metales pesados como el manganeso (Mn) es necesario alcanzar un pH muy alto, pero para alcanzar estos niveles es muy complicado porque requiere mayor tiempo y consumo de cal hidratada (11).

b. Tratamiento con caliza/cal

El uso de la CaCO_3 en el tratamiento de efluentes ácidos tiene como principal ventaja a diferencia de otros compuestos químicos su bajo costo y fácil manipulación, además este reactivo se suele utilizarse para elevar el pH en una primera fase de tratamiento de hasta 4 o 4.5 para posterior continuar el proceso empleando cal hidratada (12). Por el contrario, los inconvenientes con el uso de este reactivo son: el consumo de un volumen grande de este compuesto y el mayor tiempo que se requiere para neutralizar el agua ácida sobre todo cuando contiene cierta cantidad de dolomía, ya que la velocidad de oxidación de Fe es muy lenta de 10 a 25 ppm/min en un intervalo de pH de tratamiento de 6.8 a 8.0 en el que se opera este método (11).

c. Tratamiento con sosa cáustica

Este insumo químico (NaOH) es usado principalmente en plantas de tratamiento donde el ingreso del flujo de caudal ácido de mina es pequeño, porque el hidróxido sódico es muy soluble con el agua y eleva el pH de forma muy rápida, sin embargo, el principal inconveniente con este tipo de método es el alto costo del insumo químico y su peligro que representa su manipulación (11).

d. Tratamiento con carbonato sódico

El carbonato sódico se suele usar para el tratamiento de drenajes ácidos de mina con caudales bajos y con concentraciones de hierro (Fe) muy bajos, se hace uso de este insumo químico principalmente en forma de briqueta y se coloca en todos los canales por donde se hace pasar los efluentes ácidos que serán neutralizados (11).

Tabla 14,
Agentes empleados para la eliminación de iones metálicos pesados por precipitación.

| AGENTE DE PRECIPITACIÓN | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|-------------------------|-------------------------------|---|
| Hidróxido cálcico | Bajo coste | Impurezas, proceso lento Precipita CaSO_4 , CaCO_3 |
| Carbonato sódico | Soluble. Rápido | Coste superior |
| Hidróxido sódico | Limpio. Rápido | Coste relativamente alto |
| Amoníaco | Soluble. Rápido | Formación de complejos, nitrato amónico residual |
| Sulfuro sódico | Productos muy insolubles | Desprende H_2S |
| Ácido sulfúrico | Rápido. Bajo coste | Precipita CaSO_4 |
| Ácido clorhídrico | Rápido. Limpio | Coste relativamente alto |
| Dióxido de carbono | Disponible gases combustibles | |

Fuente: Aduvire (11).

3.1.8. Diseño tecnológico de una planta para el tratamiento del agua ácida

a. Planta convencional

Este método de tratamiento es el más común utilizado para el tratamiento de drenajes ácidos, donde se emplea la cal para la etapa inicial de neutralización de la acidez y finaliza con la oxidación del hierro ferroso para producir hidróxido férrico el cual es insoluble y se precipita fácilmente.

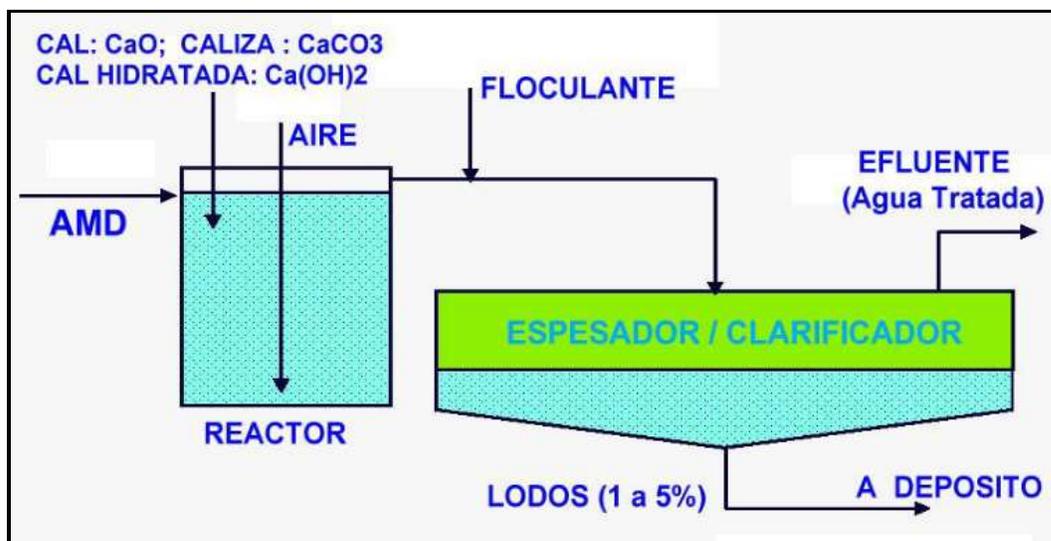


Figura 7. Esquema de una planta de tratamiento convencional para aguas ácidas (11).

b. Planta HDS

El proceso HDS (High Density Sludge) o lodos de alta densidad, es una tecnología que se utiliza para tratar aguas ácidas y reducir el volumen de lodo. En este proceso de tratamiento se reaprovecha el lodo acumulado en los estanques de sedimentación y se recircula nuevamente hasta el 80% de este recurso hacia el punto inicial de la planta donde se lleva a cabo la neutralización y oxidación. La característica principal de las partículas de lodo es que presentan núcleos que permiten precipitar nuevos hidróxidos, y se puede obtener una precipitación final de lodo con un 20% de sólidos en peso (11). El rendimiento de este proceso puede incrementar de acuerdo al volumen de uso, densidad y alcalinidad del lodo (13).

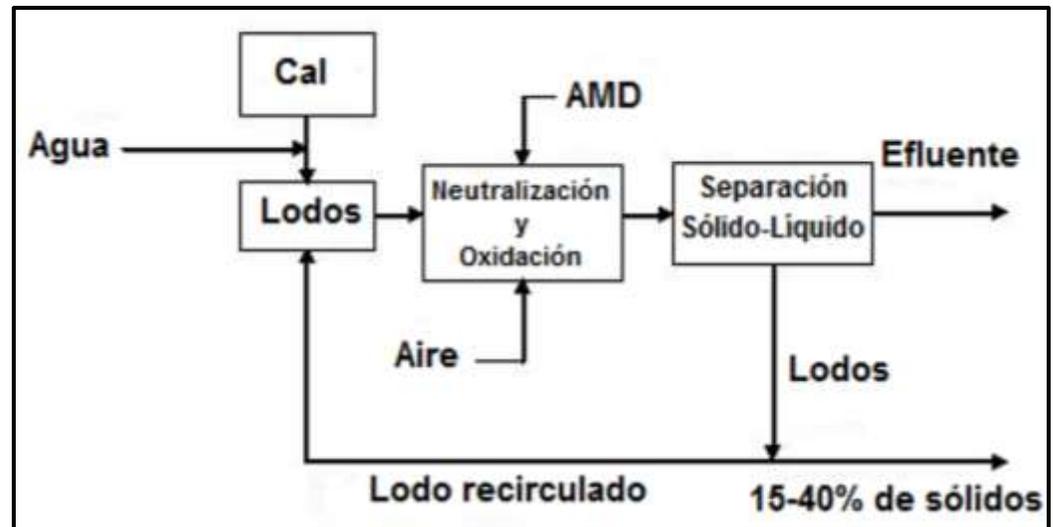


Figura 8. Proceso de Lodos de Alta Densidad (HDS),(13).

c. Proceso NCD

El proceso de neutralización y coagulación dinámica o NCD, es una tecnología que aprovecha la característica coloidal de las partículas sedimentables producidos al neutralizar la acidez de efluentes mineros y la energía cinética que el efluente produce durante su transporte por el canal o tubería (11).

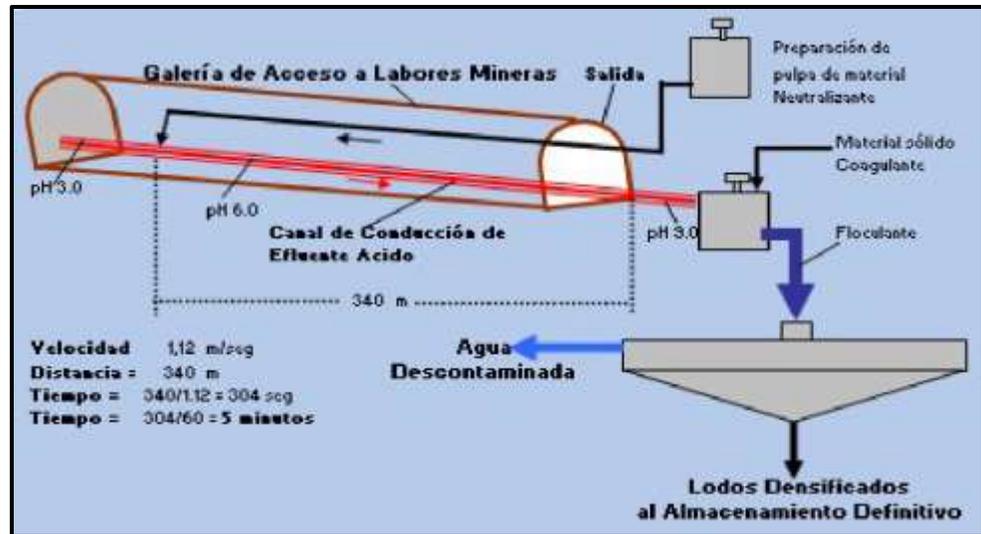


Figura 9. Esquema de una planta de tratamiento de aguas ácidas mediante el proceso de neutralización y coagulación dinámica (NCD) (11).

d. Proceso Bioteq

El proceso Bioteq, es una tecnología basada en disminuir los niveles de concentración de azufre y sulfato en el tratamiento de los efluentes ácidos mineros garantizando obtener un agua limpia y un subproducto con posibilidades de aprovechamiento para la recuperación de metales (11).

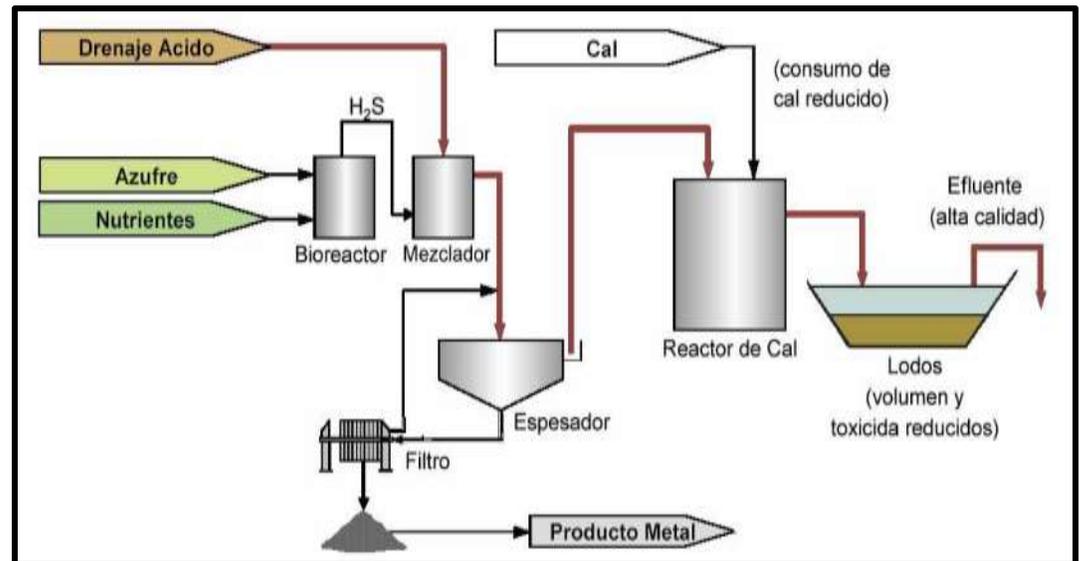


Figura 10. Planta de tratamiento de aguas ácidas mediante el proceso Bioteq (la reducción del sulfato y recuperación de metales), (11).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de las actividades profesionales

El desarrollo de las actividades profesionales se rige bajo los lineamientos del marco normativo que regula la actividad minera en el Perú en materia de gestión ambiental y SSOMA, además de los compromisos ambientales que la compañía minera Lincuna S.A., estableció en su EIA y MEIA para el desarrollo de sus actividades operacionales de explotación minera sin perjuicio del medio ambiente y la sociedad.

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

La empresa en el desarrollo de sus actividades de exploración, explotación, tratamiento y comercialización de minerales metálicos generan impactos al medio ambiente y a la sociedad, pero como una empresa minera formal y responsable tiene como base fundamental su instrumento de EIA donde describe sus compromisos para mitigar estos impactos, para el cumplimiento de estos compromisos la empresa siempre está diseñando y planteado nuevas estrategias a la vanguardia del avance de la ciencia el cual al implementarlas les permite mitigar el impacto ambiental y social.

Para velar el cumplimiento de estos compromisos ambientales la compañía minera Lincuna S.A. ha segmentado su estructura de operación por áreas siendo designado estas funciones al área de medio ambiente.

El área de medio ambiente para llevar a cabo el desarrollo de estos compromisos se ha planteado objetivos enfocados principalmente en mitigar el impacto ambiental producido producto de las actividades operacionales de la empresa empleando estrategias plasmadas en sus instrumentos de gestión ambiental los cuales son:

- Identificar y evaluar los potenciales impactos ambientales y sociales de manera integrada, considerando el proyecto original y sus modificaciones.
- Desarrollar las medidas de prevención, control, y mitigación de los principales impactos negativos, y potenciar los impactos positivos.
- Actualizar las medidas aplicadas y aprobadas inicialmente en los primeros Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs) en la operación, luego implementar de las medidas descritas su MEIA.

- Describir las características del medio físico, biológico y socio económico del Área de Estudio Ambiental (AEA) priorizando la información por temporalidad de la zona de estudio.

La ejecución de estos objetivos requiere de personal calificado por lo que la compañía minera Lincuna S.A., ha requerido la prestación del servicio de la subcontratista especializada en materia de gestión ambiental “Kusimayu S.A.C.”, quien realiza la contratación del personal para el área de medio ambiente con cargos de operario de medio ambiente y operario de filtro prensa de lodos.

El personal que desarrolla las actividades operacionales en el área de medio ambiente cubre distintos campos en materia de manejo ambiental descrito en el capítulo I ítem 1.8 por lo que el siguiente trabajo de suficiencia profesional se va a enfocar principalmente a desarrollar el proceso de tratamiento de los efluentes ácidos de mina.

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales

El alcance de las actividades profesionales dentro de la empresa están bajo de dirección y supervisión de la jefatura del área de medio ambiente, el cual aborda los problemas ambientales generados por las actividades de explotación minera dentro de todo el área de concesión de la empresa, para ello emplea estrategias para mitigar el impacto ambiental de acuerdo al marco normativo que regula la actividad minera en el Perú en materia de gestión ambiental y SSOMA así como compromisos ambientales que la empresa estableció en sus instrumentos de gestión ambiental. El principal problema ambiental que se abordará en este informe es la generación de los drenajes ácidos de mina y su gestión.

La gestión del drenaje ácido de mina se lleva a cabo siguiendo una serie de procedimientos de tratamiento en la PTAAM que involucra la operación de los distintos componentes en las tres etapas del proceso de tratamiento, para la primera etapa del proceso se realiza la neutralización y oxidación del agua ácida posteriormente la floculación para garantizar una mejor sedimentación, la segunda etapa se desarrolla en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2 donde el operario de medio ambiente realiza el manejo del agua tratada recirculando el agua hacia las labores de interior mina y otras actividades que demandan el uso de este recurso, finalmente como tercera y última etapa se realiza el tratamiento del lodo generado en las pozas de sedimentación en la planta filtro prensa para su disposición final.

Una vez finalizado el proceso de tratamiento es responsabilidad del bachiller garantizar que los parámetros de la calidad del agua que resulta del proceso de tratamiento de las aguas

ácidas de mina se encuentren dentro de los lineamientos de las normativas peruanas, además una de las competencias del área de medio ambiente es mostrar al organismos de fiscalización ambiental como OEFA y ANA cuando realizan inspecciones técnicas en la unidad minera que las aguas residuales industriales generadas por la actividad minera no genera contaminación alguna a las cuencas hidrográficas cercanas al proyecto minero.

Sin embargo, el alcance de las actividades del bachiller no solo se limita al desarrollo del tratamiento del agua ácida de mina, también es de su competencia proponer nuevas estrategias para mejorar la eficiencia de estos procesos, así mismo estar involucrado en la implementación de nuevas actualizaciones tecnológicas o metodológicas en la PTAAM que la empresa lleve a cabo, además siempre estar al tanto de las modificaciones que puedan sufrir las normas de fiscalización ambiental que regulan al sector minero en el Perú.

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

4.1.3.1. Entregables operativos

A continuación, se detalla los entregables del profesional ejecutados en cada uno de las distintas etapas del proceso de tratamiento de los drenajes ácidos de mina a los supervisores inmediatos.

a. Operador de PTAAM (Planta de tratamiento de aguas ácidas de mina).

El entregable que corresponde a esta etapa del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina implica la operación de la PTAAM donde se realiza la neutralización y oxidación del agua ácida posteriormente se lleva a cabo la floculación para garantizar una óptima sedimentación, así mismo se mantiene los parámetros fisicoquímicos del agua tratada dentro de los LMP que se establece en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de categoría 3 el cual permite dar el uso del agua tratada en el riego de vegetales y bebida de animales.

- Reporte del estado situacional de los equipos de la PTAAM.
- Reporte del consumo de reactivos químicos en el tratamiento de las aguas ácidas y salientes del almacén.
- Reporte de la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua ácida entrante y tratada.
- Reporte de la medición del caudal del ingreso a la PTAAM cada 2 horas.
- Ocurrencias presentadas durante la guardia.

b. Encargado de pozas de sedimentación (Sifonero)

Para esta etapa del tratamiento el entregable a reportar está enfocado a realiza el manejo del agua tratada recirculando hacia las labores de interior mina y otras actividades que demandan el uso de este recurso además de habilitar el lodo acumulado en las pozas de sedimentación para la planta filtro prensa de lodos.

- Reporte del estado situacional de los motores y bombas.
- Reporte del volumen de agua sifoneado y recirculado de las pozas de sedimentación.
- Reporte del volumen de lodo acumulado en las pozas de sedimentación.
- Reporte de horario de dilución de lodo y volumen habilitado para el filtro prensa de lodos.
- Ocurrencias presentadas durante la guardia.

c. Operario de filtro prensa de lodos

El entregable final del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina involucra tratar el lodo generado en las pozas de sedimentación en la planta filtro prensa de lodos para su disposición final.

- Reporte del estado situacional de los equipos de la planta filtro prensa de lodos.
- Reporte de estado operativo durante la guardia de la planta filtro prensa de lodos.
- Reporte del volumen de lodo filtrado de las pozas de sedimentación.
- Reporte del número de ciclos de filtrado.
- Reporte del horario de despacho de lodo seco descargado en el volquete.
- Ocurrencias presentadas durante la guardia.

4.1.3.2. Entregable de fiscalización

La compañía minera Lincuna S.A., por medio del área de medio ambiente dentro de sus competencias tiene como obligación y entregable dar a conocer a los organismos de fiscalización ambiental como OEFA y ANA cuando realizan las inspecciones técnicas en la unidad minera de que las aguas residuales industriales generadas por la actividad minera no genera contaminación alguna a las cuencas hidrográficas cercanas a la mina, es por ello que cada mes la empresa realiza un monitoreo de los

cuerpos de agua en todo su área de concesión del proyecto minero por un laboratorio externo a cargo de la empresa “Certimin S.A.” para hacer un seguimiento y análisis de que los parámetros fisicoquímicos fiscalizables de los cuerpos de agua naturales no hayan sufrido alguna alteración y se encuentren dentro de los parámetros de ECA para aguas, Categoría 3 – Bebida de Animales y riego de vegetales, además como parte del protocolo de fiscalización la empresa tiene que subir los resultados obtenidos cada mes al sistema IMA de la entidad.

Tabla 15.
Cronograma del plan de monitoreo ambiental

| PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL | | |
|------------------------------------|---|--|
| MES DE MONITOREO | PARÁMETROS DE MONITOREO DEL AGUA | ENTREGABLE DE RESULTADOS PLATAFORMA IMA |
| Enero | | 31 de Enero |
| Febrero | | 31 de Febrero |
| Marzo | Parámetros físicos químicos | 31 de Marzo |
| Abril | y biológicos (DQO, DBO ₅ , | 31 de Abril |
| Mayo | T, pH, CE, AcyG, OD, HCO ₃ | 31 de Mayo |
| Junio | -, Fenoles, Aniones | 31 de Junio |
| Julio | Inorgánicos, Coliformes | 31 de Julio |
| Agosto | Fecales, CN, Metales | 31 de Agosto |
| Setiembre | Pesados y Hg. | 31 de Setiembre |
| Octubre | | 31 de Octubre |
| Noviembre | | 31 de Noviembre |
| Diciembre | | 31 de Diciembre |

Fuente: Informe MEIA de la compañía minera Lincuna S.A (1).

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

4.2.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, puesto que, en el desarrollo de las actividades del proceso de tratamiento de los efluentes ácidos de mina se ha detectado un problema y en base a ello se implementarán medidas de solución. Al respecto, Nisnoska E. (14) afirma lo siguiente: las investigaciones de tipo aplicada muestran una manera de enfrentar y contribuir a solucionar dificultades o necesidades que se presentan en la práctica de los individuos, comunidades, instituciones, entre otros; con la expectativa de generar cambios y de mejorar la situación problemática planteada para dar una utilidad social.

Por lo tanto, podemos decir que relevancia de una investigación científica de tipo aplicada es contribuir en la búsqueda de soluciones a los problemas con una acción práctica, además del aporte de conocimientos que se genera de la misma; asimismo, fomentar el desarrollo de investigaciones científicas con nuevos enfoques de diseño investigativo resaltando que los criterios normativos institucionales deben contribuir a la incorporación de metodologías con criterio de aplicación que den respuesta a las necesidades de la sociedad (14).

4.2.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es de tipo descriptivo, debido a que, en el presente trabajo se describen las actividades desarrolladas durante las tres etapas del proceso de tratamiento de los efluentes ácidos de mina generados en la compañía minera Lincuna SA., producto del desarrollo de sus actividades de explotación minera.

Al respecto, Hernández (15) afirma que los estudios descriptivos buscan definir las propiedades importantes de las personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a algún tipo de análisis, esto permite medir y evaluar diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar.

4.2.1.3. Método de la investigación

El método que sigue la investigación de tipo deductivo, puesto que, al identificarse el problema durante el proceso operativo que reduce la eficiencia en el proceso de tratamiento de los efluentes ácidos de mina, se ha deducido que era necesario

estandarizar los lineamientos en las tres etapas que involucran el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina para que sirva de guía a los operarios encargados de realizar esta actividad.

4.2.1.4. Técnicas

a. Observación

La técnica empleada en esta investigación es la observación, puesto que es necesario observar la secuencia operativa del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina para sacar conclusiones y plantear lineamientos para mejorar la eficiencia del proceso de tratamiento, en este caso gracias a esta técnica se ha identificado el problema, además, durante el desarrollo de los objetivos planteados esta técnica permitirá verificar si la solución implementada funcionara de acuerdo a los resultados esperados.

b. Revisión documentaria

Para realizar una comparación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua tratada con las normas peruanas que establecen los ECA para el uso del agua tratada en actividades de riego y bebidas de animales con clasificación de categoría 3 se emplea la técnica de revisión documental.

4.2.2. Instrumentos

Para el desarrollo de esta investigación se dispone emplear herramientas digitales como la plataforma IMA (Presentación del informe de monitoreo ambiental) del OEFA para extraer el historial de la data del monitoreo de los cuerpos de agua natural que se encuentran dentro del área de concesión minera por la empresa para realizar una comparación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua con las normas peruanas que regulan la actividad minera en el Perú.

Además, se plantea el uso de documentos de gestión institucional interna para realizar una revisión del proceso de tratamiento establecido durante el inicio de operación de la planta y análisis del historial de datos de medición de parámetros en la PTAAM.

- Relación de instrumentos de medición de parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.
- Base de datos de la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua ácida antes y después de su tratamiento.

- Check List para verificación de actividades del proceso de tratamiento.
- Procedimientos PEST de las actividades.
- Plan de gestión: de calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo.

4.2.3. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

a. Equipos

- Computadora
- Multiparámetro
- Peachímetro
- Equipos de la PTAAM
- Pozas de sedimentación
- Planta Filtro Prensa de Lodos

b. Materiales

- Señaléticas
- Útiles de escritorio
- Cintas reflectivas
- Cintas de bloqueos
- Pinturas spray
- Manual de operación de PTAAM
- Manual de operación de la planta filtro prensa de lodo
- Lámpara minera

c. Equipos de protección personal

- Overol con cintas reflectivas
- Casco tipo sombrero con barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Corta viento para casco
- Respirador con cartucho para polvo y/o gases
- Protector auditivo
- Guantes de nitrilo, badana, showa y dieléctrico
- Botas jebe y/o zapatos con punta de acero dieléctricos
- Correa porta lámpara

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

El proyecto minero Huancapetí concesionado por la compañía minera Lincuna S.A. viene realizando operaciones ininterrumpidas desde su creación en el año 2016 hasta la actualidad teniendo proyectado continuar sus actividades por 20 años más desde el año 2023, sin embargo, la producción del volumen de concentrado anual de la empresa es sujeto un cronograma estimando su volumen de producción antes de iniciar el año. Por tal razón la programación de sus actividades a ejecutar se planifica con una proyección anual, el cual para contrastar el avance de cada actividad todas las áreas reportan a diario el progreso de cada actividad actualizando su porcentaje de ejecución.

Para garantizar que la producción estimada del volumen de concentrado se cumpla al término del año el área de medio ambiente como eje central de la operación tiene que estar pendiente de realizar una gestión sostenible del entorno ambiental garantizando el tratamiento de los efluentes ácidos generados durante las operaciones de la empresa.

Es por ello que el área tiene que presentar un reporte diario de las operaciones sobre el proceso de tratamiento de las aguas ácidas a la gerencia, por lo que el personal de la PTAAM tiene que actualizar los formatos con datos de la medición de parámetros fisicoquímicos del agua ácida antes y durante el proceso de tratamiento, haciendo seguimiento a la evolución post tratamiento en las pozas de sedimentación y por último un reporte del tratamiento del lodo acumulado en las pozas de sedimentación con los horarios de despacho del lodo tratado para su disposición final.

A continuación, se detalla el cronograma de actividades realizadas específicamente en los cargos asumidos e involucrados dentro del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina.

4.3.1.1. Cronograma de operario de PTAAM

Tabla 16.

Cronograma de actividades como operario de PTAAM

| ACTIVIDAD | HORARIO | | DURACIÓN | | GUARDIA | NÚMERO DE MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|------|---------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO | FIN | HORAS | DÍAS | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Arranque y parada en la planta de tratamiento de aguas ácidas de mina | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Preparación de reactivos químicos (lechada de cal). | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Preparación de reactivo químico (Floculante). | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Dosificación de reactivos químicos. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Monitoreo y medición de parámetros químicos. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Limpieza de los componentes de la PTAAM. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |

4.3.1.2. Cronograma de Sifonero

Tabla 17.

Cronograma de actividades durante en Sifoneo de agua tratada en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2

| ACTIVIDAD | HORARIO | | DURACIÓN | | GUARDIA | NÚMERO DE MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|------|---------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO | FIN | HORAS | DÍAS | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Sifoneo de agua tratada en la PTAAM. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Dilución de lodos en las pozas de sedimentación P1 y P2. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Bombeo de lodos en superficie. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Bombeo de lodos al interior de la mina. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Bombeo de agua ácida del botadero Hércules. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Limpieza de componentes de las pozas de sedimentación P1 y P2.. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |

4.3.1.3. Cronograma de operario de filtro prensa de lodos

Tabla 18.

Cronograma de actividades como operario de filtro prensa de lodos

| ACTIVIDAD | HORARIO | | DURACIÓN | | GUARDIA | NÚMERO DE MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|------|---------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | INICIO | FIN | HORAS | DÍAS | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Operación de la planta de filtro prensa de lodos. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Controlar el ciclo de filtrado. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Cambio de lonas en el filtro prensa de lodos. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Cambio de placas en el filtro prensa de lodos. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Descarga de lodo tratado para su disposición final. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| Limpieza de los componentes de la planta filtro prensa. | 5:45 AM | 5:45 PM | 12 | 14 | A | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| | | | | | B | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| | | | | | C | X | | X | | X | | X | | X | | X | |

4.3.1.4. Cronograma general de mantenimiento y limpieza de componentes

Tabla 19.

Cronograma de mantenimiento y limpieza de componentes de la PTAAM

| PROGRAMA DE LIMPIEZA DE COMPONENTES DE PTAAM - PTARD - FILTRO PRENSA -2024 | | | | | | | | JULIO/AGOSTO AGOSTO AGOSTO AGOSTO/SEPTIEMBRE SEPTIEMBRE SEPTIEMBRE SEPTIEMBRE OCTUBRE OCTUBRE OCTUBRE OCTUBRE/NOVIEMBRE NOVIEMBRE NOVIEMBRE NOVIEMBRE NOVIEMBRE/DICIEMBRE DICIEMBRE DICIEMBRE DICIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--|-----------------------|-----------|--------------|------------|--------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| ITEM | SECCIÓN | DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO | TAREAS A REALIZARSE | TIEMPO HT | ESPECIALISTA | FRECUENCIA | INICIO | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | | |
| 1 | FILTRO PRENSA | Holding tang | Limpieza e inspección | 6 | Operario | 3 MESES | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | FILTRO PRENSA | Tanque de recirculación | Limpieza e inspección | 6 | Operario | 3 MESES | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | FILTRO PRENSA | Guardas inferiores de la banda transportadora | Limpieza e inspección | 1 | Operario | SEMANAL | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | FILTRO PRENSA | Poza de colección de agua fluvial | Limpieza e inspección | 2 | Operario | 2 MESES | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | FILTRO PRENSA | Poza de colección de agua de las bombas de recirculación | Limpieza e inspección | 1 | Operario | SEMANAL | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | FILTRO PRENSA | Poza de aguas acidas A | Limpieza e inspección | 2 | Operario | 3 MESES | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | FILTRO PRENSA | Poza de aguas acidas B | Limpieza e inspección | 2 | Operario | 3 MESES | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | PTAAM | Tanque de lechada Nº 1 | Limpieza e inspección | 8 | Operario | 3 MESES | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | PTAAM | Tanque de lechada Nº 2 | Limpieza e inspección | 8 | Operario | 3 MESES | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | PTAAM | Tanque de floculante Nº 1 | Limpieza e inspección | 6 | Operario | 1 AÑO | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | PTAAM | Tanque de floculante Nº 2 | Limpieza e inspección | 6 | Operario | 1 AÑO | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | PTAAM | Tanque de neutralización Nº 1 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | PTAAM | Tanque de neutralización Nº 2 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | PTAAM | Tanque de neutralización Nº 3 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | PTAAM | Tanque de oxidación Nº 1 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | PTAAM | Tanque de oxidación Nº 2 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | PTAAM | Tanque de oxidación Nº 3 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 1 AÑO | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | PTAAM | Tanque de floculación Nº 1 | Limpieza e inspección | 5 | Operario | 3 MESES | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | PTAAM | Poza presedimentador | Limpieza e inspección | 24 | Operario | 3 MESES | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | PTAAM | Poza de contingencia | Limpieza e inspección | 26 | Operario | 3 MESES | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | PTAAM | Poza de cal | Limpieza e inspección | 8 | Operario | 3 MESES | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | PTAAM | Chute de descarga de cal | Limpieza e inspección | 2 | Operario | 2 MESES | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | PTAAM | Componentes de la banda transportadora de cal | Limpieza e inspección | 2 | Operario | 3 MESES | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | PTAAM | Tanque de reserva de agua | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 3 MESES | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | PTAAM | Tanque de rotoplast de 10 m3 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 3 MESES | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | PTAAM | Caja de docificación de cal | Limpieza e inspección | 1 | Operario | 2 MESES | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | PTAAM | caja de ingreso de agua ácida | Limpieza e inspección | 3 | Operario | 3 MESES | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | PZA. SEDIMENT. Nº 1 | Tanque de concreto de rebombeo | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 3 MESES | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | PTARD | Tanque de rotoplast de 10 m3 | Limpieza e inspección | 4 | Operario | 3 MESES | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | PTARD | Tanque de floculante | Limpieza e inspección | 1 | Operario | 3 MESES | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | PTARD | Tanque de antiespumante | Limpieza e inspección | 1 | Operario | 3 MESES | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | PTARD | Tanque de sulfato | Limpieza e inspección | 1 | Operario | 3 MESES | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Para describir la secuencia operativa de las actividades que implican la ejecución del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina de la compañía minera Lincuna S.A se consta de tres etapas.

A continuación, se detalla la ejecución secuencial que como bachiller se desarrolló en la ejecución de estas etapas del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina

4.3.2.1. Etapa 1 (Operación de la planta de tratamiento de las aguas ácidas de mina)

Esta primera etapa del tratamiento de las aguas ácidas de mina consiste en el ingreso a la planta de tratamiento (PTAAM) del drenaje ácido proveniente de las principales bocaminas en operación de la empresa minera los cuales son: Hércules, Sansón, Coturcán y Caridad, durante este proceso las aguas ácidas pasan por los distintos componentes de la PTAAM y el operario en guardia debe estar pendiente del proceso de tratamiento.

La calidad del agua tratada resultante tiene que estar dentro de los parámetros estipulados en los compromisos ambientales de su EIA de la empresa y de acuerdo a las normas que regulan los LMP y ECA para este tipo de efluente.

- Ingreso del drenaje ácido al presedimentador
- Arranque y parada en la planta de tratamiento de aguas ácidas de mina.
- Preparación de reactivos químicos (lechada de cal).
- Preparación de reactivo químico (Floculante).
- Dosificación de reactivos químicos.
- Monitoreo y medición de parámetros químicos.
- Limpieza de los componentes de la PTAAM (presedimentador).

4.3.2.2. Etapa 2 (Manejo de las pozas de sedimentación)

La segunda etapa del proceso de tratamiento de las aguas ácidas consiste en poner en marcha las redes de sifoneo como recirculación del agua tratada además de habilitar el lodo acumulado de las pozas de sedimentación.

- Sifoneo de agua tratada en la PTAAM.
- Dilución de lodos en las pozas de sedimentación P1 y P2.
- Bombeo de lodos en superficie.
- Bombeo de lodos al interior de la mina.
- Bombeo de agua ácida del botadero Hércules.
- Limpieza de componentes de las pozas de sedimentación P1 y P2.

4.3.2.3. Etapa 3 (*Operación del filtro prensa de lodos*)

Como proceso final del tratamiento de las aguas ácidas de mina se realiza el tratamiento del lodo que resulta de los anteriores procesos en la planta de filtro prensa de lodos para ello se realizan las siguientes funciones.

- Operación de la planta de filtro prensa de lodos.
- Controlar el ciclo de filtrado.
- Cambio de lonas en el filtro prensa de lodos.
- Cambio de placas en el filtro prensa de lodos.
- Descarga de lodo tratado para su disposición final.
- Limpieza de los componentes de la planta filtro prensa.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

Los resultados del siguiente proyecto de investigación de suficiencia profesional se obtuvieron en base a la ejecución de las actividades profesionales en la PTAAM y en desarrollo de los objetivos planteados para generar una mejora continua del sistema de tratamiento del efluente ácido de mina, los cuales se muestran a continuación en los siguientes ítems.

5.1.1. Descripción detallada del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina

En el desarrollo de este primer objetivo que consta de la descripción detallada del procedimiento operativo realizado durante el tratamiento del drenaje ácido de mina en la PTAAM, se incluyen también pautas para la estandarización de las actividades tanto rutinarias como no rutinarias ejecutadas en cada etapa del manejo de las aguas residuales de origen industrial, así mismo estos lineamientos servirá como guía al personal de planta recién ingresante o antiguo, en los siguientes párrafos se detalla las actividades ejecutadas durante cada etapa de tratamiento de manera secuencial.

5.1.1.1. Etapa 1 - Operación de la planta de tratamiento de las aguas ácidas de mina

a. Arranque y parada de la PTAAM

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 20.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el arranque y parada de la PTAAM

| | |
|--|--|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none">• Casco tipo jockey• Barbiquejo• Protector de oídos• Overol con cintas reflexivas• Botas y/o zapatos con punta de acero• Guantes dieléctricos• Respirador de media cara con filtros para polvo.• Correa de seguridad• Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|--|--|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios para la actividad

Tabla 21.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para el arranque y parada de la PTAAM

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none">• Detector de energía• Tablero eléctrico del centro de control de motores de PTAAM |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none">• Candado de bloqueo |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 22.

Procedimiento de ejecución para la parada y arranque de la PTAAM

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none">• Manifestar el estado de salud del operador• Recibir información del supervisor sobre SST• Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none">• Orden de trabajo• IPERC continuo• PETS |

| | |
|---|--|
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <ul style="list-style-type: none"> • Trasladarse al centro de control de motores de la PTAAM. • Verificar la presencia de fluido eléctrico con el detector de energía antes de encender los equipos, si en caso contrario se apagará repentinamente el generador principal esperar por un lapso de 10 minutos para encender los equipos de la PTAAM. • Seguido encender los agitadores de los tanques de oxidación (1, 2 y 3), seguidamente encender los agitadores de los tanques de lechada de cal (1 y 2) y floculante (1 y 2). • En caso que el operador detecte anomalías en los equipos debe iniciar el protocolo para la parada de emergencia. • Finalmente, el operador al momento de salir del centro de control debe asegurar el área un el candado de bloqueo. |

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 23.

Restricciones para la ejecución de la parada y arranque de la PTAAM

| | |
|----------------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados. • No realizar la actividad si el operario no está capacitado. |
|----------------------|---|

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• No realizar la actividad si no se cuenta con el detector de energía.• No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión.• No realizar la actividad si el operador no cuenta con un candado de bloqueo. |
|--|--|



Figura 11. Centro de control de motores de la PTAAM.

b. Preparación de la lechada de cal

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 24.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la preparación de la lechada de cal

| | |
|--|---|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none">• Casco tipo jockey• Barbiquejo• Protector de oídos• Overol con cintas reflexivas• Mameluco descartable tyvek• Máscara de cara completa y/o respirador de media cara con filtros para polvo• Botas y/o zapatos con punta de acero• Guantes dieléctricos, badana, neopreno y showa• Correa de seguridad• Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|--|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios para la actividad

Tabla 25.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para la preparación de la lechada de cal

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none">• Lámpara minera• Radio portátil• Carretilla de carga• Tanque N° 1 y 2 de lechada de cal |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none">• Lampa• Escoba• Recogedor• Flexómetro• Estilete y/o cúter |
| Materiales | Hidróxido de calcio Ca(OH)_2 al 60 o 70% de concentración |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 26.

Procedimiento de ejecución para la preparación de lechada de cal

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <p>Traslado de la cal hacia la plataforma de la tolva</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar a trasladar los sacos de cal hacia la tolva el operario debe definir la cantidad necesaria de cal a consumir para el tratamiento durante su guardia de acuerdo al caudal de ingreso y pH del agua ácida. • Posteriormente verificar si la compuerta de la tolva está cerrada. • Seguidamente el operario con el apoyo de su ayudante debe sacar los sacos de cal de 40 Kg con ayuda de una carretilla y apilarlo cerca de la tova. • Luego prosiguen a abrir los sacos y verter hacia la tolva. • Finalmente se registra la cantidad de sacos de cal alimentados hacia la tolva y el consumo utilizado durante el tratamiento del agua ácida de mina por |

| | |
|--|---|
| | guardia en el formato de reporte de operaciones de la PTAAM. |
| | <p>Preparación de la lechada de cal en los tanques N° 1 y 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Previa a la preparación se debe verificar si el tanque de lechada de cal está con agua. En caso contrario esté vacía, comunicar al sifonero por radio para que recircule el agua tratada hacia el tanque donde se va a preparar la lechada de cal. • Antes de ello verificar si las válvulas del tanque se encuentran cerrado, una vez llenado el tanque con agua abrir la compuerta de la tolva para empezar a transportar la cal hacia el tanque, para ello el operario deberá encender la faja transportadora y el agitador en el panel central de la PTAAM. • Finalmente, el operador debe controlar el tiempo de agitación de la cal por 30 minutos para posteriormente apagarlo y de igual manera al término de fajeado de la cal se apaga la faja transportadora, así mismo para el uso de la lechada de cal durante el tratamiento se debe encender nuevamente el agitador hasta que se consuma en su totalidad la lechada. <p>Recomendaciones:</p> <p>En el tanque donde se prepara la lechada de cal que tiene una capacidad para 25 m³, la cantidad máxima de cal que se debe preparar es de 2000 kg, además los agitadores deben estar calibrados para girar a un rango máximo de 120 a 130 RPM.</p> |

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 27.

Restricciones para la ejecución de la preparación de la lechada de cal

| | |
|----------------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si existe presencia de lluvias y tormentas eléctricas. • No realizar la actividad si existen problemas o fallas en la faja transportadora • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si existe presencia de fuertes vientos • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si el operador no cuenta con un candado de bloqueo |
|----------------------|---|



Figura 12. Tanques de preparación de lechada de cal N° 1 y N° 2

c. Preparación del floculante

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 28.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la preparación del floculante

| | |
|--|---|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Respirador de media cara con filtros para polvo • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes dieléctricos, badana, neopreno y showa • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|--|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios para la actividad

Tabla 29.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para la preparación del floculante

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Radio portátil • Balanza electrónica • Calculadora • Tanque 1 y 2 de floculante |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de plástico de 1000 ml • Flexómetro • Curraron de despacho inoxidable • Embudo • Estilete y/o cúter |
| Materiales | Floculante (saco de 25 kg) |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 30.

Procedimiento de ejecución para la preparación del floculante

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|--|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar la preparación del floculante el operario debe pesar en la balanza electrónica 12.5 kg de floculante para que realice la preparación en un tanque con capacidad de 25 m³. • Seguidamente el operario debe abrir la válvula de alimentación de agua al tanque N° 2 y encender el agitador en el centro de control de la PTAAM. • Luego verterá el floculante lentamente con ayuda de un embudo y un cucharón al tanque, una vez lleno el tanque y acabado de verter todo el floculante cerrar la válvula de alimentación de agua. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Posteriormente el operario debe controlar el tiempo de agitación por un lapso de tiempo de 30 minutos y proseguirá a apagar el agitador. • Finalmente, el operario bombea la solución preparada al tanque N° 1 para su dosificación y registra la cantidad floculante preparado y el consumo utilizado por guardia en el formato de reporte de operaciones de la PTAAM. <p>Recomendaciones:</p> <p>La preparación del floculante se debe realizar con un agitador calibrado a 60 RPM, además para evitar la formación de grumos de floculante de debe empezar a verter el floculante lentamente cuando el tanque se encuentre lleno de agua a una altura del 50 al 60% de su capacidad del tanque.</p> |
|--|--|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 31.

Restricciones para la ejecución de la preparación de la lechada de cal

| | |
|-----------------------------|---|
| <p>Restricciones</p> | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si existe presencia de lluvias y tormentas eléctricas. • No realizar la actividad si existen problemas o fallas con el agitador de los tanques • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si el operador no cuenta con un candado de bloqueo |
|-----------------------------|---|



Figura 13. Tanques de preparación de floculante N° 1 y N° 2

d. Dosificación de los reactivos químicos

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 32.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la dosificación de los reactivos químicos

| | |
|---|---|
| <p>Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes de neopreno y/o showa • Respirador de media cara con filtros para polvo. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|---|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios para la actividad

Tabla 33.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para la dosificación de los reactivos químicos

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Radio portátil • Multiparámetro • Peachimetro • Turbidímetro • Cronómetro |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Balde de 20 litros • Vaso precipitado de 500 ml • Muestreador inoxidable |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Papel panpeha • Solución con floculante diluido • Solución de lechada de cal |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 34.

Procedimiento de ejecución para la dosificación de los reactivos químicos

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |

| | |
|--|--|
| <p>Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| <p>Ejecución de la actividad</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Primero realizar la verificación del ingreso normal del agua ácida de mina hacia el pre sedimentador y los tanques de tratamiento, así como del abastecimiento de los reactivos químicos como lechada de cal y solución de floculante en cada punto de dosificación. • Seguidamente comenzar a medir el caudal de ingreso del agua de mina con el balde de 20 L y ayuda de un cronómetro, así mismo medir el pH para realizar el cálculo para una dosificación óptima, • Luego para la dosificación de la lechada de cal se procede a extraer muestras cada 20 minutos del tanque de neutralización N° 1, verificando que el pH de tratamiento se encuentre dentro de los intervalos de 8 a 9, si no se encuentran dentro de esos rangos se procede a ajustar la cantidad de ingreso de lechada de cal. • De igual manera para dosificación de la solución del floculante se procede a verificar la presencia de flóculos en el tanque N° 7 seguidamente se extrae muestras cada 30 minutos para medir la turbidez verificando que este se encuentre inferior a los 10 NTU, si caso contrario es superior la medida se procede a ajustar la cantidad de ingreso de solución de floculante. • Finalmente, se registran los datos de los parámetros medidos en el formato de reporte de la PTAAM. <p>Recomendaciones:</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Estar siempre vigilante al pH de ingreso del efluente de mina ya que cuando el agua tiene una coloración demasiado rojizo normalmente en su tratamiento se tiende a usar una mayor cantidad de lechada de cal por su alta acidez que oscila con un pH de entre 2 a 3 y se hace uso de un menor del floculante sin embargo hay momentos repentinos donde la coloración del efluente de mina cambia a un color plomizo que tiende a tener un pH que oscila de 5 a 6 y sí durante este cambio el operador no logra percatarse y se mantiene la dosificación anterior el agua tiende a elevar su pH a básico lo que hace que el agua tratada cambie bruscamente su coloración a un tono lechoso medio celestre y si se sigue manteniendo esta dosificación el agua se quema cambiando su coloración a negro.</p> |
|--|---|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 35.

Restricciones para la ejecución de la dosificación de los reactivos químicos

| | |
|----------------------|--|
| <p>Restricciones</p> | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si existe presencia de tormentas eléctricas |
|----------------------|--|



Figura 14. Dosificación de la lechada de cal en el tanque de neutralización N° 1.

e. Monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 36.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos

| | |
|--|---|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes de neopreno y/o showa • Respirador de media cara con filtros para polvo. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|--|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios

Tabla 37.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos

| | |
|---------------------|--|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Radio portátil • Multiparámetro • Peachimetro • Turbidímetro • Balanza Marcy • Cronómetro |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Balde de 20 litros • Vaso precipitado de 500 ml • Muestreador inoxidable • Botella de polietileno de 500 ml • Probeta de 1000 ml • Flexómetro • Piseta |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Papel panpeha • Agua destilada • Ácido nítrico 0.1 mol/l (0.1 N) |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 38.

Procedimiento de ejecución para el monitoreo y medición de los parámetros fisicoquímicos

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|--|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifiestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |

| | |
|---|---|
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <p>Monitoreo y medición de parámetros químicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para medición de los parámetros químicos como el pH el operario debe extraer la muestra en un vaso precipitado de 500 ml. • Enseguida llevar la muestra al pHmetro equipo con el que se realizará la medición del pH, para ello encender el equipo y conecta el cable del electrodo de pH en el conector, luego introduce el electrodo de pH al vaso precipitado con el contenido de la muestra, finalmente anota el resultado en el formato de reporte de la PTAAM. • Para el mantenimiento del electrodo de pH el operario debe realizar la limpieza cada semana, para ello, sumerge el electrodo en una solución de ácido nítrico a una concentración de 0.1 mol/l (0.1 N) durante 30 minutos, posteriormente enjuagar el electrodo con agua destilada y se guarda para posteriores mediciones. • Mientras que, para la medición de los metales totales y disueltos, se toma la muestra en una jarra de 1L, luego se llena en frascos esterilizados de 500 ml para ser enviado al laboratorio químico de planta de beneficio para su análisis. • Finalmente se registra el resultado obtenido en el formato de operación de la PTAAM. <p>Monitoreo y medición de parámetros físicos.</p> |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Para la medición de los parámetros físicos el operario primero debe medir el caudal (Q), para ello hará uso de un balde de 20 L y medirá con un cronómetro el tiempo de llenado del balde con el agua ácida de ingreso a la PTAAM, el resultado que se va registrar en el reporte será en litros (L) por segundo (s).• Mientras que, para la medición de los sólidos sedimentables, el operario debe recoger la muestra del tanque N° 7 en una probeta de 1000 ml y medir el tiempo de tarda en sedimentar los flóculos, el resultado a registrar se compara con el tiempo especificado por el supervisor de la PTAAM.• Para la medición de la conductividad eléctrica el operario debe extraer la muestra en un vaso precipitado de 500 ml, seguidamente encender el multiparámetro y conectar el electrodo de CE, seguidamente introducir el electrodo al recipiente con el contenido de la muestra, por último, enjuaga el electrodo con agua destilada para posteriormente guardarlo para posteriores mediciones.• Por último, para la medición de la turbidez el operario de preparar la muestra en el frasco del turbidímetro, luego encender el equipo e introducir el frasco dentro de las celdas del equipo, al cabo de unos segundos el equipo dará lectura de la turbidez, para culminar se enjuaga el electrodo con agua destilada para posteriormente guardarlo para posteriores mediciones.• Finalmente, los resultados obtenidos de la medición de los parámetros físicos serán registrados en el formato de reporte de la PTAAM. |
|--|--|

| | |
|--|--|
| | <p>Recomendaciones:</p> <p>Para la medición de los parámetros fisicoquímicos del drenaje ácido de mina antes y durante el tratamiento se debe realizar con equipos de monitoreo calibrados, los cuales se deben realizar cada semana.</p> |
|--|--|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 39.

Restricciones para la ejecución de la dosificación de los reactivos químicos

| | |
|----------------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si existe presencia de tormentas eléctricas. |
|----------------------|---|



Figura 15. Tanques de neutralización y oxidación para la medición de los parámetros fisicoquímicos.

5.1.1.2. Etapa 2 - Manejo de las pozas de sedimentación

- a. Sifoneo y recirculación del agua tratada de las pozas de sedimentación
- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 40.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el sifoneo y recirculación del agua tratada

| | |
|--|--|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes dieléctricos • Respirador de media cara con filtros para polvo. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|--|--|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios

Tabla 41.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para el sifoneo y recirculación del agua tratada

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Radio portátil |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Llave hoz de 2" y 4" • Llave cadena |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Sogas sintéticas de 1/2" y 3/4" • Tuberías de HDPE de 2" y 4" • Válvulas tipo bola o tipo compuerta |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 42.

Procedimiento de ejecución para el sifoneo y recirculación del agua tratada

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <p>Sifoneo del agua tratada de las pozas de sedimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primero se debe trasladar los materiales y herramientas necesarios para el trabajo hacia las pozas de sedimentación. • Luego verificar el estado de las válvulas, tuberías y demás líneas que involucran la ejecución de la actividad. • Así mismo para inicial con el sifoneo el operador primero debe visualizar el nivel del borde libre de la poza de sedimentación, en caso que el nivel del agua tratada alcance un borde libre de 1 a 2 metros, se debe sifonear el agua tratada hacia los reservorios para el reusó en la operación de la mina. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Además, el operador debe estar siempre vigilante y respetar el nivel máximo permitido para la recirculación de agua tratada de las pozas de sedimentación dejando 1 m de altura con respecto al nivel del lodo. <p>Recirculación del agua tratada de las pozas de sedimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para ejecutar la recirculación el operario debe verificar el estado de las válvulas, tuberías y demás líneas que involucran la ejecución de la actividad. • Seguidamente en coordinación con el supervisor de la PTAAM recircular el agua tratada hacia las labores de interior mina y superficie. • Es prioridad coordinar con todos los operadores de la PTAAM para abastecer de agua para la preparación de los reactivos químicos, riego de las áreas remediadas y riego de las vías con la cisterna. • Por último, el operador debe estar siempre vigilante y respetar el nivel máximo permitido para la recirculación de agua tratada de las pozas de sedimentación dejando 1 m de altura con respecto al nivel del lodo. |
|--|--|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 43.

Restricciones para la ejecución del sifoneo y recirculación del agua tratada

| | |
|----------------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado |
|----------------------|---|

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si el agua de la poza de sedimentación se encuentra saturada de lodo (el agua debe ser totalmente clara). • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si existe presencia de tormentas eléctricas. |
|--|--|

b. Dilución de lodo en las pozas de sedimentación

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 44.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación

| | |
|--|--|
| Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar. | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes de neopreno y/o showa • Respirador de media cara con filtros para polvo. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura • Mameluco descartable tyvek • Arnés de seguridad • Línea de vida |
|--|--|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios

Tabla 45.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Radio portátil • Bombas sumergibles |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Llave hoz de 2" y 4" • Llave cadena • Escalera portátil • Arco de sierra • Punto de anclaje (cáncamos) |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Balsa con barandas de 1.20 m • Sogas sintéticas de ½" y ¾" • Manguera de HDPE de 2" • Manguera tipo boa de 2" • Acoples de 2" y 4" • Enlaces tipo rosca machos de 2" y 4" • Válvulas tipo bola de 2" y 4" |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 46.

Procedimiento de ejecución para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |
| Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| Ejecución de la actividad | <ul style="list-style-type: none"> • Para iniciar con la dilución primero el operario debe trasladar los materiales y herramientas hacia el punto de trabajo. • Seguidamente instalar los puntos de anclaje para amarrar la balsa con sogas de ½” de ambos extremos formando una V para que tenga mayor estabilidad al interior de la poza. • Luego instalar la manguera tipo boa de 2” en la tubería de la red principal de agua, ajustando la rosca tipo macho hasta su tope final. • Posteriormente instalar los puntos de anclaje con los cáncamos para amarrar la línea de vida y la escalera portátil para el descenso hacia el interior de la poza, enseguida el operario se coloca el arnés de seguridad y con ayuda de su ayudante vigía se amarra la línea de vida en el arnés de seguridad y en los puntos de anclaje ubicados en los alrededores de la poza de sedimentación. • A continuación, el operario desciende por la escalera usando los tres puntos de apoyo en dirección a la balsa con barandas de 1.20 m, enseguida el ayudante vigía suelta la manguera y el operario amarra una parte de la manguera en un punto fijo de la estructura de la balsa para mayor estabilidad por la presión del agua. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Una vez posicionado el operario en la balsa indica a su ayudante vigía para que abra la válvula para iniciar con la dilución. • Una vez culminada la actividad el operario en coordinación con su ayudante vigía cierra la válvula y le ayuda a salir de la misma forma que procedió con el ingreso. • Finalmente, el operario retira todos los materiales, equipos y herramientas instalados al momento de iniciar la actividad. <p>Recomendaciones: La actividad requiere bastante comunicación y coordinación entre el operario y su ayudante vigía por la complejidad de la actividad.</p> |
|--|---|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 47.

Restricciones para la dilución de lodo en las pozas de sedimentación

| | |
|---------------|--|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si la geomembrana se encuentra mojado • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si existe presencia de lluvias y tormentas eléctricas. • No realizar la actividad si no hay supervisión permanente, ya que es un trabajo de alto riesgo. |
|---------------|--|



Figura 16. Dilución de lodo en la poza de sedimentación N^a 2.

5.1.1.3. Etapa 3 - Operación del filtro prensa de lodos

a. Operación de filtro prensa de lodos

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 48.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para la operación del filtro prensa de lodos

| | |
|---|---|
| <p>Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes de neopreno y/o showa • Guantes dieléctricos • Respirador de media cara con filtros para polvo y gas. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|---|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios

Tabla 49.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para la operación del filtro prensa de lodos

| | |
|---------------------|---|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Lámpara minera • Balanza Marcy • Filtro prensa |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Lampa • Escoba • Recogedor • Balde de 20 litros • Espátula • Paleta tipo espátula de 2 m • Jarra de 1 L |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Cinta de PVC para cables eléctricos |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 50.

Procedimiento de ejecución para la operación del filtro prensa de lodos

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |

| | |
|--|--|
| <p>Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| <p>Ejecución de la actividad</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Para iniciar con el proceso de filtrado de lodo el operario primero deberá cerciorarse que la válvula del holding tank del filtro se encuentre abierto dependiendo de la bomba de alimentación de lodo N° 1 o N° 2 se va a iniciar el filtrado. • Seguidamente aperturar las válvulas de toda la línea de las pozas de sedimentación N° 1 o N° 2 se va iniciar a extraer el lodo. • Enseguida el operario deberá verificar el estado operativo del filtro si se encuentra en la posición inicial con el pistón hidráulico cerrado de igual manera las compuertas, así mismo de estar abiertas proceder a cerrarlos para iniciar el proceso de filtrado. • Una vez cerrado el filtro prensa proceder a realizar las configuraciones en el panel central del número de bomba de alimentación de lodo (N° 1 o 2) se va iniciar a filtrar, además de la selección modo de filtrado (Automático o Semiautomático). • Una vez ejecutada los procesos anteriores, iniciar el proceso de filtrado presionando “INICIAR” en la pantalla del panel central, el tiempo de espera para completar el cargado del filtro dependerá de la densidad del lodo, así mismo de acuerdo como se ve llenando el tanque de concreto de agua del proceso de filtrado el operario debe envía este hacia la PTAAM para la preparación de los reactivos químicos (lechada de cal y floculante). • Una vez concretado el tiempo de alimentación, continuamos con el secado para ello verificar que el |

| | |
|--|--|
| | <p>tanque de la compresora de aire esté cargado hasta llegar a una presión de 180 Bar y le compresora de aire hasta 1.20 MPa, enseguida en el panel central se enciende la opción de presurizado de membranas el cual dura un promedio de 20 min.</p> <ul style="list-style-type: none">• Para finalizar esta etapa, una vez culminado el tiempo de presurizado se realiza la limpieza del canal de alimentación, secado 04, despresurizado de membranas y despresurizado del pistón principal, el tiempo empleado para estos procesos son de 35, 40, 40, 40 segundos respectivamente.• Posterior a ello se abre la compuerta y el filtro prensa de lodos los tiempos empleados en estos pasos son de 5 y 60 segundos respectivamente, luego se inicia con la descarga del lodo seco el cual tiene una duración de entre 12 a 15 minutos, en esta parte se espera la llegada del volquete y a su vez se estacione en la parte inferior de la faja transportadora, la solicitud del horario de volquete se realiza en coordinación con el supervisor de la PTAAM.• Durante el proceso de descarga en el panel central se encienden las opciones de movimiento de la faja transportadora e iniciar descarga. Así mismo a la par del movimiento de las placas y el carrito jalador de placas el operario debe verificar que de todas las placas se descargue el lodo seco.• Finalmente, culminada la descarga dar aviso al conductor del volquete para que traslade el lodo para su disposición final y enseguida se procede a apagar la faja transportadora e inicio de descarga (este último se apaga automáticamente finalizada la descarga) y cerrar la compuerta.• Para iniciar nuevamente el proceso de filtrado se ejecutan nuevamente los pasos mencionados con anterioridad. |
|--|--|

| | | | |
|------|---|-----------------------------|------------------------------------|
| | Recomendaciones: | | |
| | Los tiempos óptimos y volumen de lodo necesario para un ciclo de filtrado de acuerdo a su densidad son: | | |
| | DENSIDAD (Kg/m³) | TIEMPO (Minutos) | VOLUMEN (M³) |
| | 1000 | 180 a más | 120 a más |
| | 1010 | 160 a 180 | 100 – 120 |
| | 1020 | 120 a 160 | 90 – 100 |
| | 1030 | 100 a 120 | 70 - 90 |
| | 1040 | 90 a 100 | 60 - 70 |
| | 1050 | 70 a 90 | 50 - 60 |
| 1060 | Menor a 70 | 40 - 50 | |

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 51.

Restricciones para la operación del filtro prensa de lodos

| | |
|----------------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si la geomembrana se encuentra mojada. • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si existe presencia de lluvias y tormentas eléctricas. • No realizar la actividad si se detectan anomalías antes de iniciar el filtrado o en el panel central se identifican fallas o errores. |
|----------------------|---|



Figura 17. Proceso de descarga final del lodo seco hacia el volquete para su disposición final

b. Cambio de lonas en el filtro prensa de lodos

- Uso de equipos de protección personal (EPP)

Tabla 52.

Equipos de protección personal (EPP) necesarios para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos

| | |
|---|---|
| <p>Equipos de protección personal (EPP) que el operador debe usar.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Casco tipo jockey • Barbiquejo • Protector de oídos • Overol con cintas reflexivas • Botas y/o zapatos con punta de acero • Guantes de badana, neopreno y/o showa • Guantes dieléctricos • Respirador de media cara con filtros para polvo y gas. • Correa de seguridad • Lentes de seguridad de luna clara y/o oscura |
|---|---|

- Equipos, herramientas y materiales necesarios

Tabla 53.

Equipos, herramientas y materiales necesarios para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos

| | |
|--------------|--|
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Puente grúa • Filtro prensa |
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Candado de bloqueo • Lampa • Arco y sierra • Eslingas de 1400 kg • Grilletes • Llave francesa de 15” • Cúter |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Lonas de cuello ancho y delgado |

- Procedimiento de ejecución de la actividad

Tabla 54.

Procedimiento de ejecución para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos

| Procedimiento de ejecución de la actividad por el operador | |
|---|---|
| Participar del diálogo diario de seguridad en el reparto de guardia | <ul style="list-style-type: none"> • Manifestar el estado de salud del operador • Recibir información del supervisor sobre SST • Exponer los actos y condiciones subestándares |
| Recepción de las herramientas de gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Orden de trabajo • IPERC continuo • PETS |
| Desplazamiento en el área de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de las vías de tránsito • Identificación de accesos en presencia de peligros • Reporte al supervisor inmediato del peligro |

| | |
|--|---|
| <p>Inspección del área de trabajo, instalaciones, estructura y/o equipos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del supervisor de área • Inspección del operario |
| <p>Ejecución de la actividad</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Primero trasladar los materiales y equipos hacia el punto de trabajo (plataforma superior de la planta filtro prensa). • Luego verificar que el filtro prensa de los se encuentre en posición inicial con el filtro abierto sin carga y la compuesta cerrada. • Enseguida el operario debe bloquear el equipo en el candado de bloqueo en el panel central y presionar el botón de parada de emergencia. • Posterior retirar las tuberías de salida del agua filtrado de las placas, luego con ayuda del puente grúa extraer un aproximado de 10 placas de la estructura del filtro para habilitar un espacio y se pueda ingresar al interior. • Seguidamente el operario con ayuda de otro personal debe ingresar al interior de la estructura para cortar uno por uno las lonas a cambiar de las placas. • A continuación, dos colaboradores apoyan de la parte externa del filtro habilitando las lonas nuevas, estas antes de ser cambiadas deben ser dobladas para colocar a las placas además tener en cuenta el tipo de lona que se colocara a la placa dependerá del espesor de la placa ya sea cuello ancho o delgado. • Culminado el proceso de colocado los colaboradores de apoyo amarran los hilos de las lonas en la placa y se pega hacia el lado A del filtro prensa. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • En caso se reduzca el espacio nuevamente retirar 10 placas y continuar con el proceso de cambio de lonas. • Finalmente, cuando se hayan cambiado todas las lonas de las 123 placas, verificar que ninguna de las lonas haya quedado doblada, para ello se cierra el filtro y abre nuevamente enseguida enciende la opción de descargar filtro y así verificar placa por placa que las lonas se encuentren correctamente posicionados. <p>Recomendaciones:</p> <p>La duración estimada para el cambio general de todas las lonas del filtro prensa es de 3 meses, pero en caso alguna placa empiece a botar lodo por las tuberías de captación de agua filtrada es necesario realizar el cambio enseguida siguiendo los pasos anteriormente mencionados.</p> |
|--|---|

- Restricciones para la ejecución de la actividad

Tabla 55.

Restricciones para el cambio de lonas en el filtro prensa de lodos

| | |
|---------------|---|
| Restricciones | <ul style="list-style-type: none"> • No realizar la actividad si no se tiene los EPP indicados • No realizar la actividad si el operario no está capacitado • No realizar la actividad si el operador no cuenta con las herramientas de gestión • No realizar la actividad si no se cuenta con el apoyo de por lo menos 5 colaboradores • No realizar la actividad si no está bloqueado el equipo. |
|---------------|---|



Figura 18. Estructura interna del filtro prensa de lodos para el cambio de lonas y placas.

5.1.2. Comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos

Para obtener un resultado óptimo de tratamiento de las aguas ácidas de mina con parámetros de tratamiento que se encuentren dentro de las normas que regulan la actividad minera, el método de tratamiento empleado en la PTAAM tiene que estar estandarizado de acuerdo a las especificaciones teóricas de esta tecnología y guardar cierta similitud al volumen de consumo de los reactivos químicos, en tal sentido en los siguientes párrafos se cita a autores que hacen uso de la cal como agente alcalinizador en el tratamiento de los drenajes ácidos y su dosificación óptima para compararlo con los niveles de dosificación empleados en la planta de tratamiento de la empresa.

Según el investigador Aduvire Oswaldo (11) en su artículo de investigación titulada “Drenaje ácido de mina generación y tratamiento” señala que, con la adición de sustancias alcalinas, como la cal, cal hidratada, caliza triturada, soda cáustica, carbonato sódico o amónico se puede conseguir la neutralización del ácido y alcanzar las condiciones adecuadas para la precipitación de los metales pesados. Además, sostiene que los metales pesados al contacto

con estos reactivos alcalinos estos tienden a precipitarse como hidróxidos insolubles a un intervalo de pH de entre 8.5 a 10. Así mismo menciona algunos ejemplos de metales pesados que salen precipitarse como el hierro ferroso que se convierte en hidróxido ferroso a pH superior a 8.5, el manganeso (Mn) que se convierte en insoluble cuando el pH es superior a 9.5 y el aluminio (Al) que precipita en el agua a un pH de 5.5 pero se vuelve otra vez soluble a pH superior a 8.5. Debido a esto, dependiendo de la clase de metal pesado y su concentración en las aguas ácidas se seleccionará el método de tratamiento químico más apropiado.

Además, menciona que en muchas plantas de tratamiento se suele trabajar aumentando el pH hasta aproximadamente 9.0 en términos medio, ya que en condiciones de mayor basicidad se tiende a incrementar la solubilidad del plomo y zinc, es por ello que normalmente los sistemas de tratamiento de método activo para el tratamiento de agua ácidas de mina se suelen trabajar precipitando a los hidróxidos, el cual se desarrolla en un proceso de tres pasos como: Oxidación (donde se transforma de Fe^{2+} en Fe^{3+}), dosificación con álcalis, normalmente $Ca(OH)_2$ pero también $Na(OH)_2$, $NaHCO_3$, entre otros y por último la sedimentación.

De igual manera, el investigador Ayala Cercado, Roberto (16) en su tesis titulada “Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada Mesa de Plata Hualgayoc en el 2018”, se plantea como objetivo determinar la influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas, para ello aplicó una metodología de investigación experimental aplicada, el proceso experimental consistió en realizar una la medición del caudal, recojo de muestras, la caracterización de la calidad de agua con datos de campo y laboratorio además de evaluar la cal al 70 % de concentración útil para proceder a realizar los experimentos así mismo a regular las RPM del equipo Jar –test en 1000, 800, 600 y 400 RPM respectivamente, el desarrollo del experimento inicio regulando la muestra 1 a 1000 RPM, 30 minutos de agitación, 1 g de cal y 30 minutos de reposo; muestra 2 a 800 RPM, 25 minutos de agitación, 0.75 g cal y 30 minutos de reposo; muestra 3 a 600 RPM, 20 minutos de agitación, 0.05 g de cal y 30 minutos de reposo; muestra 4 a 400 RPM, 15 minutos de agitación, 0 g de cal, 30 minutos de reposo, para el ensayo de cada muestras se empleó 2 litros de agua y se trabajó con un pH inicial de 3.55, obteniendo como resultado que el tratamiento óptimo para las aguas ácidas tienen mejor rendimiento con el ensayo N° 2 el cual eleva el pH a 8.09 lo que genera una mejor remoción de los material inorgánicos como Al 89 %, As 71 %, Cd 98 %, Fe 99 %, Mg 87 %, Mn 99 %, Na 14 %, Pb 89 %, Tl 60

%, Zn 98 % así mismo la remoción Fe fue de 6.639 mg/L a 0.068 mg/L y del Mn de 22.92mg/L a 0.150 mg/L, lo que permite regular los parámetros de LMP de acuerdo D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Riego y Bebida de Animales.

Así mismo el tesista Valencia Lima, Javier (17), en su tesis titulada “tratamiento de aguas ácidas de mina para el cumplimiento del DS N° 010-2010 MINAM de una empresa minera”, tiene como objetivo determinar la dosis óptima de cal al 20 % de concentración para obtener una mejor precipitación de los metales pesados, para ello, realiza tres ensayos: E1 (alcalinización a pH de 7.5), 105 mg/L de cal, 10 – 20 min a 150 RPM de agitación, 120 min de reposo; E2 (alcalinización a pH de 9.5), 136 mg/L de cal, 10-20 min a 150 RPM de agitación, 120 min de reposo, E3 (alcalinización a pH de 10.20), 142 mg/L de cal, 10-20 min a 150 RPM de agitación, 120 min de reposo; para el ensayo de cada muestras se empleó 2 litros de agua y se trabajó con un pH inicial de 3.20, obteniendo como resultado que el tratamiento más óptimo para la precipitación de los metales pesados se dio con el ensayo E2, donde se logró remover Cu: 99,12%, Fe: 98,48% y Zn: 98,28% .

En conclusión, la dosificación de la lechada de cal y floculante que emplean los investigadores en su proceso experimental para el tratamiento de las aguas ácidas se asemejan a los niveles de consumo de reactivos químicos que se usan en la planta de la empresa minera, ya que según lo registrado por los autores muestra que es necesario el consumo de 375 mg/L de cal viva a una concentración del 70 % para alcalinizar la acidez del agua de un pH de 3.55 a 8.09 el cual es el punto óptimo para la remoción de los material inorgánicos como los metales pesados, Así mismo los rangos de alcalinización que los operarios de la PTAAM emplean para neutralizar el agua ácida de mina oscila en un pH de 8 a 9, de igual manera la dosis óptima empleada por los operadores para la sedimentación se los flóculos es de 1 ml de floculante por cada litro de agua a tratar, cabe mencionar que el operario tiene que verificar constantemente de la formación de los flóculos en el tanque N° 7 para aumentar o disminuir esta dosis.

5.1.3. Comparación de la calidad de agua tratada con las normas peruanas

5.1.3.1. Comparación con D.S N° 010-2010-MINAM (LMP descarga de efluentes mineros)

Según el EIA de la compañía minera Lincuna SA., en este informe declara que la empresa no realiza el vertido de sus aguas residuales industriales a los cuerpos de agua cercanos al proyecto minero además, que el agua tratado se destina nuevamente hacia usos como para labores de interior mina y de superficie, así que los puntos de

monitoreo EM – 01* y EM – 02 establecidos por OEFA para la fiscalización de los cuerpos de agua están declarados por la empresa como puntos secos tal cual se muestra en el ANEXO N° 11 donde se muestra los resultados del análisis del laboratorio de la empresa Certimin S.A.

En la **Tabla 56** se muestra la comparación de los parámetros físico-químicos del agua tratado que se reutiliza en los procesos operativos de la empresa con los estándares de calidad de la norma D.S N° 010-2010-MINAM donde establecen los parámetros de LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas en cualquier momento, en el ANEXO N° 6 se muestra los resultados de los parámetros físico-químicos de la calidad del agua tratada en la PTAAM, de igual manera en el ANEXO N° 24 se muestra los resultados obtenidos del análisis de metales pesados desarrollado en el laboratorio de planta de beneficio a cargo de la empresa Tecnomin Data SAC.

Tabla 56.

Comparación de los parámetros físico-químicos obtenidos de la muestra sin tratar y tratado con la norma D.S N° 010-2010-MINAM.

| Parámetro | Unidad | Muestra sin tratar | Muestra tratado | LMPs en cualquier momento (18) |
|-------------------------------|--------|--------------------|-----------------|--------------------------------|
| Potencial de Hidrógeno (pH) | pH | 3.26 | 8.69 | 6 – 9 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/L | ** | ** | 50 |
| Aceites y Grasas | mg/L | ** | ** | 20 |
| Cianuro Total | mg/L | ** | ** | 1 |
| Arsénico Total | mg/L | 1.502 | 0.098 | 0.1 |
| Cadmio Total | mg/L | ** | ** | 0.05 |
| Cromo Hexavalente (*) | mg/L | ** | ** | 0.1 |
| Cobre Total | mg/L | 2.423 | 0.045 | 0.5 |
| Hierro (Disuelto) | mg/L | 8.97 | 1.691 | 2 |
| Plomo Total | mg/L | 13.60 | 0.196 | 0.2 |
| Mercurio Total | mg/L | ** | ** | 0.002 |
| Zinc Total | mg/L | 27.690 | 2.690 | 1.5 |

** No presenta valor en ese parámetro.

Según la comparación con la norma D.S N° 010-2010-MINAM se puede apreciar que los parámetros como pH, Cu, Pb, Fe y As se alinean bajo la normativa el cual demuestra la efectividad del tratamiento de la dosificación de Ca(OH)₂ (cal vida) a un rango de pH de entre 8 a 9, sin embargo, el Zn se encuentra ligeramente por encima del rango permitido.

5.1.3.2. Comparación con el D.S N° 004-2017-MINAM (ECA Categoría 3)

En la tabla N° 57 se muestra la comparación de los parámetros físico-químicos de la muestra de agua extraído a 330 m aguas abajo de la unión de las quebradas Hércules y Pallca con referencia en los puntos de monitoreo establecidos por OEFA para la fiscalización ambiental CAg-1 y CAg-2 con los estándares de calidad de la norma D.S N° 004-2017-MINAM que establecen los parámetros de ECA para agua, Categoría 3 – Bebida de Animales y riego de vegetales, en el ANEXO N° 10 se muestra los resultados del análisis de los parámetros físico químicos de la calidad del agua del efluente por el laboratorio de Certimin S.A.

Tabla 57.

Comparación de los parámetros físico-químicos obtenidos del monitoreo a 330 m aguas abajo de la unión de quebrada Hércules y Pallca con el D.S N° 004-2017-MINAM.

| Parámetro | Unidad | Muestra del efluente de la quebrada Hércules y Pallca | ECA Agua D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo | ECA Agua D2: Bebida de animales (19). |
|--------------------------------------|---------|---|---|---------------------------------------|
| Potencial de Hidrógeno (pH) | pH | 7.30 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,4 |
| Conductividad a 25° C | µmho/cm | 3590.0 | 2500 | 5000 |
| Sólidos Disueltos Total | mg/L | <LCM | ** | ** |
| Temperatura | °C | 14.5 | Δ 3 | Δ 3 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O /L | <2.0 | 15 | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg O /L | <10 | 40 | 40 |
| Plata (Ag) | mg/L | <0.002 | ** | ** |
| Aluminio (Al) | mg/L | 0.90 | 5 | 5 |
| Arsénico (As) | mg/L | <0.008 | 0.1 | 0.2 |

| | | | | |
|----------------|------|--------------|------------|------------|
| Boro (B) | mg/L | 0.132 | 1 | 5 |
| Bario (Ba) | mg/L | 0.010 | 0.7 | ** |
| Berilio (Be) | mg/L | <0.0003 | 0.1 | 0.1 |
| Bismuto (Bi) | mg/L | <0.02 | ** | ** |
| Calcio (Ca) | mg/L | 48.18 | ** | ** |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 0.039 | ** | ** |
| Cobalto (Co) | mg/L | 0.013 | 0.05 | 1 |
| Cromo (Cr) | mg/L | <0.004 | 0.1 | 1 |
| Cobre (Cu) | mg/L | 0.021 | 0.2 | 0.5 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 0.17 | 5 | ** |
| Potasio (K) | mg/L | 1.42 | ** | ** |
| Litio (Li) | mg/L | <0.004 | 2.5 | 2.5 |
| Magnesio (Mg) | mg/L | 6.15 | ** | 250 |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 5.481 | 0.2 | 0.2 |
| Molibdeno (Mo) | mg/L | <0.004 | ** | ** |
| Sodio (Na) | mg/L | 7.22 | ** | ** |
| Níquel (Ni) | mg/L | <0.002 | 0.2 | 1 |
| Fósforo (P) | mg/L | <0.06 | ** | ** |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0.01 | 0.05 | 0.05 |
| Antimonio (Sb) | mg/L | <0.008 | ** | ** |
| Selenio (Se) | mg/L | <0.02 | 0.02 | 0.05 |
| Silicio (Si) | mg/L | 14.13 | ** | ** |
| Estroncio (Sr) | mg/L | 0.2243 | ** | ** |
| Titanio (Ti) | mg/L | <0.01 | ** | ** |
| Talio (Tl) | mg/L | <0.05 | ** | ** |
| Vanadio (V) | mg/L | <0.003 | ** | ** |
| Zinc (Zn) | mg/L | 6.474 | 2 | 24 |

** No presenta valor en ese parámetro.

Según la comparación con la norma D.S N° 004-2017-MINAM se puede apreciar que los parámetros como el pH y metales pesados se alinean bajo la normativa el cual demuestra que la compañía minera Lincuna SA., no genera contaminación alguna a los cuerpos de agua superficial cercanos al proyecto porque realiza la gestión, manejo y tratamiento de sus aguas residuales industriales generados

producto de sus operaciones, sin embargo, parámetros como la conductividad eléctrica, B y Zn se encuentran ligeramente por encima de los rangos permitidos para el riego de vegetales pero se encuentran por debajo de los rangos permitidos para la bebida de animales, mientras que el Mn se encuentra fuera de los rangos establecidos para ambas categorías, cabe mencionar que el motivo por el que estos parámetros no se alineen con la norma pueda estar influenciada por factores externos como la presencia de infraestructuras abandonadas de mineros informales o la población que habita cerca al cauce de la quebrada.

5.1.4. Tecnologías usadas en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas

Las tecnologías empleadas en el proceso de tratamiento del agua ácida de mina en la compañía minera Lincuna S.A., son:

5.1.4.1. Planta convencional de tratamiento de aguas ácidas

Esta tecnología PTAAM, diseñado para un caudal de entrada máximo de 60 l/s en donde ingresa el agua ácida de los pasivos ambientales y de las distintas bocaminas en operación de la empresa para su tratamiento, tiene dentro su diseño los siguientes componentes para su funcionamiento los cuales son: 2 tanques de 25 m³ de capacidad para la preparación de lechada de cal y 2 tanques de 25 m³ para la preparación de floculante estos implementados con agitadores de distintas revoluciones, así mismo 3 tanques de neutralización, 3 tanques de oxidación y 1 tanque de floculación todos con una capacidad de 34 m³ además de una serie de sistemas de tuberías para su dosificación de los reactivos y salida del agua tratada hacia las pozas de sedimentación, de igual manera posee un pre sedimentador donde se retiene los sedimentos y las grasas con la ayuda de salchichas flotantes, un Peachímetro para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua ácida entrante y tratado y por último una poza de contingencia de 240 m³ para retener el exceso de caudal ingresante en caso se presente, ver ANEXO N° 12, 13 y 14, donde se muestra el diagrama de flujo, vista panorámica y coloración de agua ácida que ingresa hacia la PTAAM.

5.1.4.2. Pozas de sedimentación

Las pozas de sedimentación son estructuras diseñadas para eliminar las partículas en suspensión mediante la precipitación de las partículas sólidas en la base de la poza por medio de la gravedad reduciendo así la turbidez y la concentración de los sólidos

en suspensión del agua lo que permite mejorar la calidad del agua, en la empresa si tiene implementada 2 pozas de sedimentación con capacidades de 11 000 m³ y 22 000 m³, además de 2 bombas verticales para la recirculación del agua tratada hacia las labores de interior mina y superficie como para el bombeo de lodo hacia la planta filtro prensa para su tratamiento, ver ANEXO N° 15, 16 y 17, donde se muestra el diagrama de flujo así como las vistas panorámicas de las pozas de sedimentación.

5.1.4.3. Filtro prensa de lodos

La planta filtro prensa de lodos es una tecnología donde se realiza el tratamiento del lodo mediante el presurizado de membranas que garantiza un secado del 80 % lodo procesado para su disposición final, el modelo de planta de filtrado de lodo implementado en la empresa es de 1.5 m x 1.5 m por placa con una capacidad total de 123 y un espesor útil promedio de 4 cm por molde de lodo seco, ver los ANEXOS N° 18 al 21 donde se muestran el diagrama de flujo, manual de operación y proceso de filtrado en la planta filtro prensa de lodos.

5.1.5. Propuesta de alternativas y/o tecnologías de tratamiento

Para la propuesta de las nuevas tecnologías o métodos de tratamiento de las aguas ácidas , en primer lugar se realizó una serie de pruebas durante 7 días en la PTAAM haciendo uso del lodo acumulado en las pozas de sedimentación como un agente alcalinizador adicional a la cal (Ca(OH)₂) consumido en el tratamiento del agua ácida y así poder determinar si este nuevo método es fiable al usarlo durante el tratamiento como muestran las especificaciones teóricas de este método, en la tabla N° 58 se muestra los ensayos realizados con lodo básico y cal en el tratamiento del agua ácida, de igual manera en el ANEXO N° 22, se evidencia la ficha de registro de datos de campo de la medición de los parámetros fisicoquímicos y volumen del lodo usado durante las pruebas de tratamiento del agua ácida de mina en la PTAAM.

Tabla 58.

Ensayos haciendo uso de lodo como agente alcalinizador adicional a la cal en la PTAAM

| DATOS DEL ENSAYO | | MUESTRA DE AGUA ÁCIDA | | CONSUMO DE CAL Ca(OH)_2 | CONSUMO DE LODO USADO | | | PARÁMETRO DE TRATAMIENTO |
|------------------|---------|-----------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|------|--------------------------|
| Fecha | Guardia | Q promedio de ingreso (L/s) | pH promedio | (Kg) | V lodo (m ³) | Densidad (kg/m ³) | pH | pH promedio |
| 25 /10/24 | C y A | 25.63 | 3.22 | 840 | 50 | 1040 | 9.60 | 8.67 |
| 26 /10/24 | C | 24.44 | 3.43 | 760 | 25 | 1040 | 9.58 | 8.73 |
| 27 /10/24 | C | 25.70 | 3.41 | 800 | 65 | 1040 | 9.37 | 8.73 |
| 28 /10/24 | C | 23.12 | 3.67 | 640 | 65 | 1040 | 9.39 | 8.72 |
| 29 /10/24 | C | 15.81 | 3.91 | 320 | 75 | 1040 | 9.39 | 8.75 |
| 30 /10/24 | C | 21.36 | 3.35 | 640 | 25 | 1000 | 8.62 | 8.68 |
| 31 /10/24 | C | 24.27 | 3.54 | 800 | 25 | 1030 | 8.84 | 8.71 |

En base a los datos obtenidos del cuadro anterior, en la **Tabla 59**, se realizó la comparación del consumo de cal haciendo uso del lodo básico como un reactivo adicional y el consumo teórico de cal sin uso de lodo con datos de otros autores que se asemejan al pH de tratamiento de la PTAAM.

Tabla 59.

Comparación del consumo teórico de cal con el consumo de lodo alcalinizador más cal en el tratamiento del agua ácida en el PTAAM

| DATOS DEL CONSUMO DE CAL TEÓRICO (16) | | | CAUDAL DE INGRESO durante 12 horas en la PTAAM (L/h) | CONSUMO DE Ca(OH)_2 TEÓRICO con el caudal de la PTAAM (Kg) | CONSUMO DE Ca(OH)_2 adicionando lodo básico PTAAM (Kg) | AHORRO DE Ca(OH)_2 (Kg) | AHORRO DE COSTO Precio de 40 Kg de Ca(OH)_2 a \$/ 5.71 |
|---------------------------------------|-------------------|---|--|---|---|----------------------------------|---|
| pH inicial | pH de tratamiento | Consumo de Ca(OH)_2 en 1 L de muestra (Kg) | | | | | |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 1107216 | 415,206 | 840 | 0 | 0,0 |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 1055808 | 395,928 | 760 | 0 | 0,0 |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 1110240 | 416,34 | 800 | 0 | 0,0 |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 998784 | 374,544 | 640 | 0 | 0,0 |

| | | | | | | | |
|--------------|------|----------|---------|-----------------|-------------|----------|------------|
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 682992 | 256,122 | 320 | 0 | 0,0 |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 922752 | 346,032 | 640 | 0 | 0,0 |
| 3.55 | 8.09 | 0,000375 | 1048464 | 393,174 | 800 | 0 | 0,0 |
| TOTAL | | | | 2597,346 | 4800 | 0 | 0,0 |

De acuerdo a lo mostrado en el cuadro anterior al realizar la comparación del consumo de cal haciendo uso del lodo como reactivo alcalinizador adicional y el consumo teórico cal sin lodo para el tratamiento del agua ácida de mina, se visualiza el que el consumo total teórico de cal es de 2597,346 Kg el cual menor al que se consume haciendo uso de cal más lodo básico con un total de 4800 Kg, por ende no existe un ahorro de cal, es importante señalar que uno de los factores que altere los resultado esperados de la efectividad del lodo como un aditivo adicional para el tratamiento del agua ácida es la diferencia en los rangos de tratamiento final de pH entre el dato teórico y el de la PTAAM.

Debido a estas diferencias en la tabla N° 60, se realizó una comparación del consumo de cal haciendo uso del lodo como reactivo alcalinizador adicional y el consumo de cal sin lodo con datos estadísticos del consumo de cal usado en el año 2023 en la PTAAM, ver ANEXO N° 23, donde se muestra el volumen de cal (Kg) usado durante el tratamiento de las aguas ácidas de mina de acuerdo al caudal y pH de ingreso.

Tabla 60.

Comparación del consumo de cal más lodo alcalinizador con datos de consumo de cal sin lodo en el año 2023

| DATOS DEL CONSUMO DE CAL MAS EL LODO ALCALINIZADOR | | | DATOS DEL CONSUMO DE CAL PROMEDIO EN EL AÑO 2023 | | | AHORRO DE Ca(OH) ₂ (Kg) | AHORRO DE COSTO Precio de 40 Kg de Ca(OH) ₂ a \$/ 5.71 |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| pH inicial | Q promedio de ingreso (L/s) | Consumo de Ca(OH) ₂ (Kg) | pH inicial | Q promedio de ingreso (L/s) | Consumo de Ca(OH) ₂ (Kg) | | |
| 3.22 | 25.63 | 840 | Min:2.96 | Min: 25.02 Max:25.99 | 834.39 | 0 | 0.00 |
| 3.43 | 24.44 | 760 | Min:3.35 | Min: 24.02 Max:24.98 | 759.27 | 0 | 0.00 |
| 3.41 | 25.70 | 800 | Min:2.96 | Min: 25.02 Max:25.99 | 800 | 0 | 0.00 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-----|----------|-------------------------|--------|---------------|---------------|
| 3.67 | 23.12 | 640 | Min:3.20 | Min: 23.02 Max:25.97 | 827.62 | 187.62 | 26,783 |
| 3.91 | 15.81 | 320 | Min:3.53 | Min: 15.00 Max:15.97 | 344.49 | 24.49 | 3,496 |
| 3.35 | 21.36 | 640 | Min:3.18 | Min: 21.02 Max:21.97 | 669.73 | 29.73 | 4,244 |
| 3.54 | 24.27 | 800 | Min:3.35 | Min: 24.02 Max:24.98 | 759.27 | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | | | | | 241.84 | 34,523 |

De acuerdo a lo mostrado en el cuadro anterior al realizar la comparación del consumo de cal haciendo uso del lodo básico como insumo adicional y el consumo de cal sin lodo con datos estadísticos del consumo de cal en el año 2023 para el tratamiento de las aguas ácidas de mina, se visualiza que durante los 7 días de prueba se generó un ahorro de 241.84 Kg de cal el cual representa un ahorro de \$/ 34.523 dólares a la empresa en gasto de compra de reactivos químicos, cabe mencionar que estos resultados podrían generar un mejor resultado si se utiliza el lodo en un mayor volumen.

La eficiencia de este nuevo método de tratamiento influye positivamente en la reducción de costos en la compra de insumos y reactivos químicos a la empresa, pero, además con la puesta en marcha de este nuevo método en la PTAAM, se reduciría el volumen de lodo procesado en la planta filtro prensa de lodos, donde normalmente se realiza el procesamiento del lodo de entre 70 a 80 m³ por ciclo de filtrado el cual puede variar de acuerdo a su densidad, además la meta por guardia es llegar a procesar tres filtrados de lodo seco para su disposición final en interior mina haciendo un total de 6 filtrados durante el día, es por ello que en la tabla N° 61, se muestra el consumo energético por ciclo de filtrado en la planta filtro prensa de lodos y en cuanto sería el ahorro energéticos en los costos de operación de la empresa, así mismo ver el ANEXO N° 25 donde se muestra el cuadro estadístico del consumo energético promedio por ciclo de filtrado del mes de octubre del año 2023.

Tabla 61.
Consumo energético por ciclo de filtrado en la planta filtro prensa de lodos

| EQUIPO | DESCRIPCIÓN | POTENCIA ESTIMADA (Kw) | CONSUMO ENERGÉTICO POR FILTRADO (HORAS) | CONSUMO ENERGÉTICO POR FILTRADO (Kw/h) | COSTO ENERGÉTICO POR (Kw/h), \$/. 0.05959 |
|--------|-------------|------------------------|---|--|---|
|--------|-------------|------------------------|---|--|---|

| BOMBEO DE AGUA FILTRADA | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|-------------|---------------|--------------|
| Motor eléctrico | Bomba 65-200 - 1 | 44,76 | 0,67 | 30,09 | 1,79 |
| Motor eléctrico | Bomba 65-200 - 2 | 44,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bomba sumergible | Bomba sumergible - APEX | 6,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| FILTRADO DE LODO | | | | | |
| Motor eléctrico | Holding tank | 29,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motor eléctrico | Bomba IS125-100_400 - 1 | 55,95 | 0,47 | 26,11 | 1,56 |
| Motor eléctrico | Bomba IS125-100_400 - 2 | 55,95 | 1,00 | 55,95 | 3,33 |
| Motor eléctrico | Bomba 6x4 | 55,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motor eléctrico | Bomba 6x4 | 55,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Compresor de aire | Compresor JAGUAR | 37,30 | 1,59 | 59,47 | 3,54 |
| Motorreductor | Faja transportadora | 11,19 | 0,23 | 2,61 | 0,16 |
| SISTEMA HIDRÁULICO | | | | | |
| Motor eléctrico | Bomba de pistón hidráulico | 7,46 | 0,05 | 0,39 | 0,02 |
| Motor eléctrico | Bomba de la compuerta | 1,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motor eléctrico | Carrito transp. Placas | 3,73 | 0,22 | 0,81 | 0,05 |
| TOTAL | | | 4,24 | 175,43 | 10,45 |

De acuerdo a lo mostrado en el cuadro al emplear el lodo como un aditivo adicional a la cal en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas se estaría generando un ahorro energético de 175,43 Kw/h por cada ciclo de filtrado el cual representa un costo operativo de \$/. 10.45 dólares.

En base a los resultados favorables de los ensayos haciendo uso del lodo básico como un aditivo adicional a la cal para el tratamiento de las aguas ácidas de mina, se propone como alternativa y/o nueva tecnología de tratamiento para mejorar la eficiencia del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina, adecuar la PTAAM a un sistema de tratamiento HDS (highdensity sludge), que consiste en recircular mediante bombeo hasta un 80% del lodo final acumulado en las pozas de sedimentación hacia los tanques de neutralización ya que las partículas del lodo presentan núcleos para la precipitación de nuevos hidróxidos, y permite obtener una precipitación final de lodo con un 20% de sólidos. Esta tecnología

permite optimizar la densidad y estabilidad de lodos basado en una nueva variedad de precipitación de hidróxidos, en la que la reacción es controlada y cada partícula de hidróxido de hierro es abrigada por una capa de sílice (11).

Además, el ahorro de los costos operativos en consumo energético y de reactivos químicos puede ser destinado a otros fines para el mejoramiento y modernización de la PTAAM.

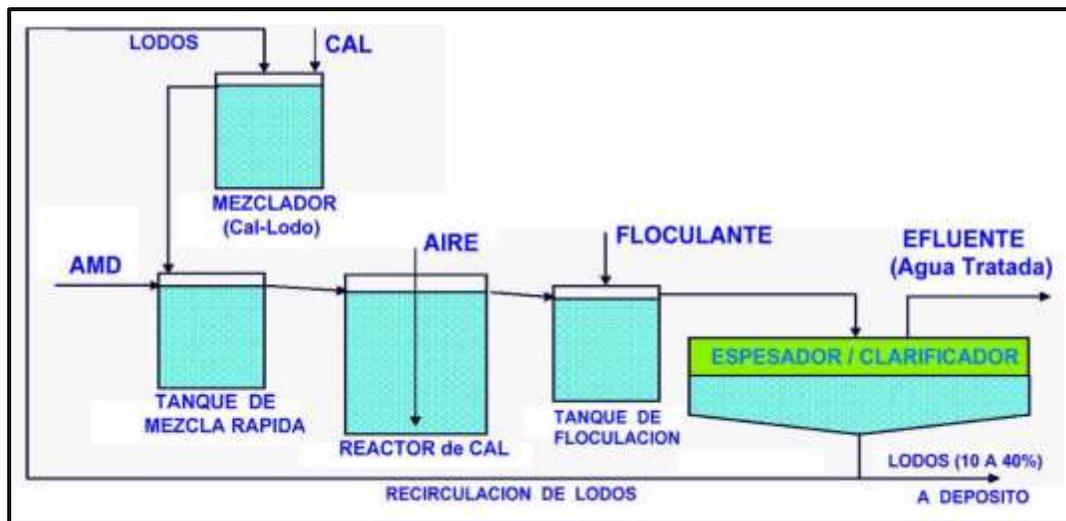


Figura 19. Planta de tratamiento de aguas ácidas HDS (highdensity sludge).
Fuente: Aduvire (11).

5.2. Logros Alcanzados

5.2.1. Para la compañía minera Lincuna SA.

a. Operario de Medio Ambiente

- Se realizó el tratamiento de las aguas ácidas en la PTAAM, optimizando procesos en la preparación de los reactivos químicos (lechada de cal y floculante) así mismo en su dosificación.
- Se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos tanto del agua ácida que ingresa a la planta y como el agua tratada durante el horario de guardia para garantizar un buen tratamiento y estos parámetros se encuentren dentro de los rangos establecidos por las normas peruanas.
- Se garantizó un adecuado manejo de las aguas ácidas en la PTAAM ya que, durante las auditorías internas en la empresa, las inspecciones de fiscalización por (OEFA y ANA) y las visitas por parte de las autoridades de las comunidades no se tuvo observación alguna.

- Se gestionó adecuadamente el agua tratada de las pozas de sedimentación abasteciendo oportunamente a las labores de interior de mina y superficie.
- Se realizó la dilución de lodo habilitando carga para su tratamiento en la planta filtro prensa de lodo.

b. Operario de Filtro Prensa de Lodos

- Se realizó tratamiento del lodo acumulado en las pozas de sedimentación en la planta filtro prensa logrando cumplir sin retraso alguno las 3 descargas de lodo seco por guardia en los horarios solicitados.
- Se gestionó adecuadamente el agua filtrada recirculando toda el agua acumulada del tanque de concreto de AF hacia la PTAAM para la preparación de los reactivos químicos como (lechada de cal y floculante).
- Se garantizó un adecuado manejo de los lodos acumulados en las pozas de sedimentación ya que durante las auditorías internas y las inspecciones de fiscalización por OEFA y ANA no se tuvo observación alguna.

5.2.2. En el ámbito personal

- Brindaron mayor experiencia y conocimientos en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina, además de nuevos alcances tecnológicos empleados en esta rama.
- Se me incluyó para participar en la propuesta de mejora en los procesos de la PTAAM para garantizar una mayor eficiencia del tratamiento de las aguas ácidas de mina.
- Ayudaron a comprender mejor los procesos operativos y a enriquecerme de conocimientos para un mejor desempeño en la PTAAM.

5.3. Dificultades encontradas

- La existencia de rotación de personal antiguo a nuevo, que tienen que ser capacitados nuevamente para ocupar los distintos puestos que involucran el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina.

- Desinterés de colaboradores que laboran en superficie para aprender sobre el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina.
- Alta rotación del supervisor encargado de la PTAAM para que brinde mayor información teórica a los colaboradores sobre el proceso de tratamiento de las aguas residuales industriales.

5.4. Planteamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

Para el planteamiento de las acciones de mejora se utilizó la metodología deductiva, ya que durante ejecución de las actividades operacionales del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina se identificaron procesos que reducen la eficiencia de algunos procesos en la PTAAM es por ello mediante la aplicación de teorías y conocimientos existentes relacionados a este tema se aplicaran estrategias de manera sistemático y lógico para mejorar la eficiencia durante el proceso de tratamiento.

5.4.2. Descripción de la implementación

La secuencia del proceso de implementación de las acciones de mejora consta principalmente de dos medidas que se implementarán progresivamente.

Para la primera medida de acción de mejora se identificó como primer proceso deficiente la constante remoción de los flóculos en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2 por la falta de barreras para romper estos flóculos y garantizar una buena sedimentación esta acción dificulta al momento de ejecutar la recirculación del agua tratada hacia las actividades de interior mina y superficie ya que estos flóculos tienden a llegar hasta la bomba de recirculación afectando así la calidad del agua tratada a reusar además las barreras de geomembrana implementadas con anterioridad en las pozas de sedimentación representan un peligro para el operario porque cuando hay presencia de vientos fuertes estos tienden a levantarse bruscamente es por ello la acción a tomar frente a este problema fue la implementación de boyas con cilindros reusados para romper los flóculos y no se genere una sedimentación larga.

Para la segunda medida de acción se identificó como proceso deficiente el exceso de generación de lodo ya que por las características del agua ácida para su tratamiento se requiere un volumen considerable de cal esto hace que se genere un mayor gasto operativo a la empresa como la compra de los reactivos químicos (Ca(OH)_2) y un mayor consumo

energético para el tratamiento de los lodos, es por ello la acción a tomar frente a este problema fue la propuesta de aprovechar el lodo acumulado en las pozas de sedimentación como aditivo adicional a la cal ya que este material posee una alcalinidad que ronda entre los 9 a 10 de pH, para el uso de este insumo se recircula hacia uno de los tanques de dosificación de cal y se tratará el efluente ácido de mina, el resultado permitirá reducir gastos operativos como en la compra de insumos químicos y en el consumo energético que se utiliza para el tratamiento del lodo en la planta filtro prensa de lodo.

5.5. Aporte del bachiller en la empresa

El inicio y la permanencia en el trabajo fue un gran reto por las nuevas experiencias y nuevos aprendizajes, pero las ganas de querer integrarme, de establecer lazos con el personal del área de medio ambiente me ayudaron a trabajar en equipo y perseguir un objetivo común.

De acuerdo con las responsabilidades se ejecutó lo siguiente:

- Se realizó una descripción detallada del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina estandarizando los procesos para que sirva como guía a los operadores de la PTAAM.
- Se realizó una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos (cal hidratada y floculante) usados en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina y mostrar que las dosis empleadas de estos reactivos son eficientes en el tratamiento de las aguas ácidas de mina.
- Se realizó una comparación con las normas técnicas del cumplimiento de ECA y LMP de los parámetros de tratamiento de las aguas ácidas de mina se encuentran dentro de los rangos establecidos.
- Se propuso nuevas alternativas y/o tecnologías de tratamiento para las aguas ácidas de mina como adecuar la PTAAM a una planta de tratamiento de aguas ácidas HDS (highdensity sludge).

CONCLUSIONES

- Se realizó una descripción detallada del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina para ello se realizó un diagnóstico situacional del proceso de tratamiento ejecutados por los operarios en la PTAAM, siendo identificado tres fases que abarcan el proceso de tratamiento como: etapa 1 (Planta de tratamiento de las aguas ácidas), etapa 2 (Pozas de sedimentación N° 1 y 2) y Etapa 3 (Planta de filtro prensa de lodo), donde se identificaron algunas irregularidades que afectan la eficiencia del proceso como negligencias de los operarios y el diseño estructural de los componentes de la PTAAM, es por ello que se estableció lineamientos para la estandarización en la operación del procesos de tratamiento del agua ácida de mina en las tres etapas identificadas el cual servirá de guía a los operadores antiguos o personal nuevo ingresante.
- Se realizó una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos usados para el proceso de tratamiento de las aguas ácidas como la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con una concentración del 65 al 70 % y el floculante para ello se realizó una recopilación bibliográfica de autores que realizaron trabajos similares y llegaron a la conclusión de que los metales pesados precipitan como hidróxidos insolubles es por ello que la alcalinización de agua ácida debe oscilar en un intervalo de tratamiento del pH de entre 8.5 a 10, además según lo registrado en sus procesos experimentales los autores muestran que es necesario el consumo de 375 mg/L de cal viva a una concentración del 70 % para alcalinizar la acidez del agua de un pH de 3.55 a 8.09 para así poder obtener una mejor remoción de los materiales inorgánicos, siguiendo esta tendencia la dosificación de lechada de cal que se emplea en el proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina en la compañía minera Lincuna oscila en un pH de tratamiento de entre 8 a 9 lo que le garantiza obtener resultados favorables en cuanto a la remoción de los metales pesados, de igual manera la dosificación del floculante que se emplea es de 1 ml de floculante por cada litro de agua a tratar, cabe mencionar que el operario tiene que verificar constantemente de la formación de los flóculos en el tanque N° 7 para aumentar o disminuir esta dosis.
- Se realizó una comparación de los parámetros fisicoquímico de la calidad del agua tratado con los estándares de calidad por las norma peruanas que regulan al sector minero en temas de generación y tratamiento de aguas residuales industriales como el D.S N° 004-2017-MINAM, ECA para Categoría 3 – Bebida de Animales y D.S N° 010-2010-MINAM, LMP para la descarga de efluentes, donde de acuerdo a la comparación de LMP la compañía minera Lincuna S.A. no realiza la descarga de sus efluentes a ningún cuerpo de agua ya que

todo el agua tratado se recircula nuevamente para la operación pero se puede ver como el pH de tratamiento pasa de 3.26 a 8.69 el cual se alinea bajo la normativa, de igual manera los metales pesados como el Cu, Pb, Fe y As también se encuentran dentro de los parámetros establecidos, con respecto al ECA se puede ver que el pH del efluente de la quebrada Hércules y Pallca a 330 m aguas abajo es de 7.30 el cual se encuentra de igual manera dentro de los parámetros establecidos, sin embargo el Mn, Zn y B se encuentran ligeramente fuera de los rangos establecidos por esta categoría, cabe mencionar que el motivo por el que estos parámetros no se alineen con la norma pueda estar influenciada por factores externos como la presencia de infraestructuras abandonadas de mineros informales o la población que habita cerca al cauce de la quebrada, en términos generales se puede afirmar que la compañía minera Lincuna cumple con los LMP y ECA.

- Se propone como nueva alternativa y/o tecnología de tratamiento para las aguas ácidas de mina en la empresa a adecuar la PTAAM a un sistema de tratamiento HDS (highdensity sludge) porque este método te permite reducir el volumen de lodo durante el proceso de tratamiento, ya que su proceso consiste en reaprovechar este lodo recirculando un porcentaje del ($\leq 80\%$) del lodo final generado en las pozas de sedimentación hacia la planta de tratamiento, además gracias a que las partículas de lodo que presentan núcleos para la precipitación de nuevos hidróxidos se puede obtener una precipitación final de lodo con un 20% de sólidos. Así mismo según los resultados de los ensayos realizados durante 7 días en la PTAAM haciendo uso del lodo acumulado en las pozas de sedimentación como un reactivo alcalinizador adicional a la cal en el proceso de tratamiento se estaría generando un ahorro en el consumo de cal por guardia de 12 horas de aproximadamente 241.84 Kg el cual tiene un costo de \$/ 34.523 dólares, del mismo modo gracias a este ahorro se reduce el volumen de lodo para su procesado en la planta filtro prensa de lodos donde se estaría produciendo un ahorro promedio de consumo energético por ciclo de filtrado de 175,43 Kw/h el cual tiene un costo de \$/. 10.45 dólares. De acuerdo a los beneficios de este nuevo método de tratamiento la compañía minera Lincuna S.A., mejoraría la eficiencia de sus operaciones en la PTAAM y reduciría sus gastos operativos, el cual podría ser destinado para el mejoramiento y modernización de sus equipos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar esta guía de estandarización de lineamientos del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina durante las capacitaciones matinales a todo el personal tanto de planta como superficie para que tenga mayor información sobre el funcionamiento de los componentes de la PTAAM y su manejo.
- Se recomienda adecuar la PTAAM a una planta de tratamiento de aguas ácidas HDS (highdensity sludge) para realizar las pruebas necesarias y determinar su funcionalidad de esta tecnología además de verificar el nivel de optimización que genera este en el proceso de tratamiento.
- Se recomienda brindar capacitaciones a los operadores de la PTAAM cada semana sobre las nuevas tecnologías que existen en el mercado sobre el proceso de tratamiento de las aguas ácidas y su funcionalidad.
- Se recomienda una mayor interacción de ideas y conocimiento tanto por los operadores de la PTAAM como el supervisor inmediato para generar nuevas ideas para mejorar la eficiencia de la funcionalidad de los componentes del proceso de tratamiento de aguas ácidas de mina.

BIBLIOGRAFÍA

1. COMPAÑIA Minera Lincuna S.A. MEIA - Lincuna. Para continuar contribuyendo al crecimiento local, regional y nacional, en el 2019 iniciamos los estudios de la Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental. 2023. [Fecha de consulta: marzo 2025]. Disponible en: <https://lincuna.com.pe/meia/>
2. Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. *Diario Oficial El Peruano*, Lima Perú, 15 de octubre de 2005.
3. Ley N° 29338. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. *Diario Oficial El Peruano*, Lima Perú, 23 de marzo de 2009.
4. R. J. N° 224-2013-ANA. Reglamento de procedimientos administrativos para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reusó de aguas residuales tratadas. ANA, Autoridad Nacional del Agua. [en línea]. *Diario Oficial El Peruano*, Lima Perú, 31 de mayo de 2013. [fecha de consulta: 20 febrero 2025]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/reglamento_vertimientos_rj218_0_6.pdf
5. D. S. N° 028-2008-EM. Aprueban el Reglamento de Participación Ciudadana en el Subsector Minero. MINEM. [en línea]. *Diario Oficial El Peruano*, Lima Perú, 26 de mayo de 2008. [fecha de consulta: 20 de febrero 2025]. Disponible en: <https://www.senace.gob.pe/wp/content/uploads/filebase/senacenormativa/NAS-4-6-05-DS-028-2008-EM.pdf>
6. HERRMANN, C. y ZAPPETTINI, E. *Recursos Minerales, Minería y Medio Ambiente*. Online. Buenos Aires: SEGEMAR, 2014. [en línea] N° 173. ISBN 0328-2325. [fecha de consulta: 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/2864/Libro%20recursos%20minerales%2c%20miner%20c3%20ada%20y%20medio%20ambiente%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. DAMMERT, A. y MOLINELLI, F. *Panorama de la Minería en el Perú*. [en línea]. Lima, Perú: OSINERGMIN, 2007. [fecha de consulta: 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <http://www.OSINERG.gob.pe/OSINERG/investigacion>

8. MANRIQUE, H. y SANBORN, C. *La minería en el Perú: balance y perspectivas de cinco décadas de investigación*. ISBN 978-9972-57-458-0. [en línea]. 1a ed. Universidad del Pacífico, 2021. [fecha de consulta: 5 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/item/7781925a-eff1-4af5-b95f-3d05370eccaa>

9. ENCINAS, M. *Medio Ambiente y Contaminación - Principios básicos*. [en línea]. Primera Edición. 2011. ISBN 978-84-615-1145-7. Disponible en: http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/medio_ambiente_y_contaminacion._principios_basicos.pdf

10. PAREDES, O., JIMÉNEZ, L., DÁVILA, J. y APAZA, J. *Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte*. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*. 31 enero 2024. Vol. 26, no. 1, p. 56–66. DOI 10.18271/ria.2024.594.

11. ADUVIRE, O. *Drenaje ácido de mina generación y tratamiento*. 2006. P. 140.

12. ADUVIRE, O. *Dimensionado de sistemas de tratamiento de aguas ácidas de mina*. 2018. P. 11.

13. ESPINOSA, M., HIDALGO, A. y DELGADO, R. *Diseño de un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de mina basado en el proceso de lodos de alta densidad (HDS)*. En materia de protección al medio ambiente y del equilibrio ecológico, uno de los principales problemas de la industria minera, se enfoca básicamente en la g... *Ingeniería*. 2016. Vol. 20, no. 2, p. 64–75.

14. NINOSKA, V. *Metodología para investigaciones aplicadas con enfoque transdisciplinario: sociales y tecnológicas*. Caracas, Venezuela, 2016. ISBN 978-980-281-227-1.

15. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología De La Investigación I*. [en línea]. 2003. ISBN 968-422-931-3. Disponible en: https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

16. AYALA, R. *Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada Mesa de Plata Hualgayoc* 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada Del Norte, 2018. 106 pp. [fecha de consulta 6 de febrero de 2025].

Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14135/Ayala%20Cercado%2c%20Roberto%20Carlos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

17. VALENCIA, J. Tratamiento de aguas ácidas de mina para el cumplimiento del DS N° 010-2010 MINAM de una empresa minera, Lima – 2023. Tesis (Título de Ingeniero Metalurgista) Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024. 117 pp. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4133>
18. D. S. N° 010-2010-MINAM. Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas. [en línea]. *Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú*, 20 de agosto 2010. [fecha de consulta 20 febrero 2025]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf
19. D. S. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. [en línea]. *Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú*, 6 de junio 2007. [fecha de consulta 20 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1: Solicitud de uso de datos para la elaboración de un informe detallado del proceso de tratamiento de las aguas ácidas de mina en la compañía minera Lincuna S.A.

SOLICITO: PERMISO PARA ELABORAR UN INFORME DETALLADO SOBRE EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS ACIDAS DE MINA DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.

SUPERINTENDENTE DEL ÁREA DE MEDIO AMBIENTE: Ing. Wilmer Vázquez Cerna

Yo, **ROMEL PAUCAR QUISPE**; Bachiller de la UNIVERSIDAD CONTINENTAL De la Facultad De INGENIERÍA AMBIENTAL, Identificado con DNI N° 72129877, Domiciliado en Av. los Próceres 803 – distrito de Chilca, teléfono: 917750416, correo electrónico: 72129877@continental.edu.pe.

Ante usted con el debido respeto expongo:

Que, habiendo iniciado el proyecto de investigación en la modalidad de suficiencia profesional para obtener el título de Ingeniero Ambiental, he tomado como tema de estudio el proceso de tratamiento de las acidas de mina de la COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. El proyecto consiste en elaborar un informe detallado sobre el proceso de tratamiento de las aguas acidas de mina en la PTAAM.

Benéficos para la compañía con este informe:

- Dar a conocer a la comunidad científica las tecnologías usadas para el tratamiento de las aguas acidas y la calidad de estas mismas.
- Realizar una comparación con las normas técnicas del cumplimiento de ECA y LMP de los parámetros de tratamiento de las aguas acidas de mina.
- Describir detalladamente el proceso de tratamiento de las aguas acidas de mina estandarizando los procesos para que sirva como guía a los operadores de la PTAAM.
- Realizar una comparación teórica de la dosificación de los reactivos químicos usados el proceso de tratamiento de las aguas acidas de mina.
- Proponer nuevas alternativas y/o tecnologías de tratamiento para las aguas acidas de mina.

Por lo expuesto:

Solicito a usted Ingeniero admitir mi petición.

Aija, 16 de Setiembre del 2024

Procede

W. Vázquez Cerna


ROMEL PAUCAR QUISPE
72129877

ANEXO N° 2: PETS de la preparación de reactivos químicos (lechada de cal y floculante)

| | | | |
|---|---|----------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | PREPARACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS (LECHADA DE CAL) EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-03 | PÁGINA: 1 de 3 | |

1. PERSONAL

- 1.1. Supervisor de Medio Ambiente
- 1.2. Operario
- 1.3. Ayudante

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

- 2.1 Casco tipo jockey con barbiquejo
- 2.2 Overol con cinta reflectiva
- 2.3 Zapato de seguridad punta de acero
- 2.4 Guantes dieléctrico
- 2.5 Guantes de neopreno o showa
- 2.6 Tapón auditivo
- 2.7 Máscara full face
- 2.8 Lentes de seguridad tipo google
- 2.9 Mameluco descartable tyvek
- 2.10 Lámpara
- 2.11 Correa de seguridad

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Radio portátil
- 3.2 Espátula
- 3.3 Lampa
- 3.4 Escoba
- 3.5 Recogedor
- 3.6 Flexómetro de 5m
- 3.7 Estilete/cúter
- 3.8 Hidróxido de calcio al 60 % - Ca(OH)₂
- 3.9 Carretilla de carga tipo diablo o carretilla bugui

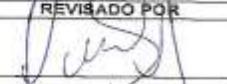
4. PROCEDIMIENTO

4.1. Antes de la operación:

- 4.1.1. El supervisor y personal involucrado verifican:
 - El estado de los EPP; en caso sea necesario se pedirá la reposición y/o cambio de éstos.
 - El acceso de la zona de trabajo, identificando las condiciones inseguras con el fin de eliminarlas antes de proceder al desarrollo de la actividad.
 - Los peligros y riesgos en el área de trabajo, llenando las herramientas de gestión de seguridad.

4.2. Para el traslado de cal de almacén a la tolva:

- 4.2.1. Antes del ingreso al área de trabajo los personales deben contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.

| | | | |
|---|---|---|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Inga Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Valdivia Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justiniano Reyes Jefe de SSO |  Ing. César Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | PREPARACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS (LECHADA DE CAL) EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE CÓDIGO: PETS-KUS-MA-03 | VERSIÓN: 01 PÁGINA: 2 de 3 | |

- 4.2.2. El Ingeniero de tratamiento de aguas define la cantidad de sacos de cal que se preparará en el tanque de lechada.
- 4.2.3. Para iniciar la labor, el operario debe verificar que la compuerta de la tolva de cal debe estar bien cerrada.
- 4.2.4. Luego, con el apoyo del ayudante se traslada los sacos de cal con la carretilla de carga tipo diablo o carretilla bugui, el traslado se realiza desde el almacén de cal hasta la plataforma próximo a la boca de la tolva.
- 4.2.5. Luego los sacos de cal deben ser apilados en la entrada de la tolva formando filas de 12 a 15 sacos, dejando un espacio de 1.5 metros entre la boca de la tolva y la primera fila.
- 4.2.6. Posteriormente, se procede a desatar con el cúter los sacos apilados, teniendo el cuidado correspondiente.
- 4.2.7. Verter los sacos de cal a la tolva de uno en uno. Para ello, se debe vaciar el saco de cal a la parte inferior de la boca de la tolva.
- 4.2.8. En paralelo, se comienza a apilar los sacos vacíos de cal en el extremo derecho para luego disponerlos en el centro de acopio.
- 4.2.9. Al término del abastecimiento realizado, se procede a realizar el orden y limpieza del área de trabajo.
- 4.2.10. Finalmente, se registra la cantidad de sacos de cal alimentados a la tolva, en el formato de reporte de operaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas acidas de mina, así también se registra el consumo de cal/día.

4.3. Para la preparación de lechada de cal:

- 4.3.1. Antes del ingreso al área de trabajo el operario debe contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.
- 4.3.2. Previa a la preparación de la lechada, el operario debe asegurar que el tanque de concreto contenga agua. En caso de que se encuentre vacía, se comunicará por radio con el operario sifonero, quien es el encargado de bombear agua tratada al tanque de concreto.
- 4.3.3. Verificar la operatividad de las válvulas de compuerta de la zaranda.
- 4.3.4. Aperturar la válvula de la caja de recepción de cal y asegurarse que este abierto en la dirección correcta al tanque a preparar.
- 4.3.5. Abrir la válvula de alimentación de agua de 4"; luego verificar el ingreso de agua a nivel de la parrilla de la zaranda y su salida hacia el tanque a preparar.
- 4.3.6. Se procede a abrir la compuerta de la tolva para comenzar a transportar la cal por la faja transportadora, para ello, el operario debe encender el botón "faja transportadora de cal" en el tablero eléctrico. A la par, encender el botón del "Tanque de lechada" para arrancar la agitación de la mezcla.
- 4.3.7. Una vez llenado la mezcla en el tanque, se detiene el transporte de cal, por tal motivo, se jala la cuerda de pare de emergencia de la faja transportadora hacia abajo. Además, se realiza el cierre de la válvula de agua de 4".
- 4.3.8. Efectuar la limpieza de la zaranda retirando todo resto de cal que se encuentre dentro de esta.

| | | | |
|---|---|--|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Osvaldo Ingoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Guillermo Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | PREPARACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS (LECHADA DE CAL) EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-03 | PÁGINA: 3 de 3 | |

- 4.3.9. Se deja agitar por un espacio de 30 minutos. Pasado el tiempo, se apaga el botón del "Tanque de lechada".
- 4.3.10. Finalmente, se realiza el registro del peso de cal que se utilizó en el formato de "reporte de operaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas acidas de mina". Así también, al término de guardia, se realiza la medición de la altura del contenido de la mezcla restante en el tanque de lechada, ello para conocimiento de la guardia entrante.

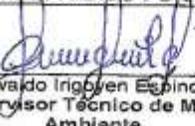
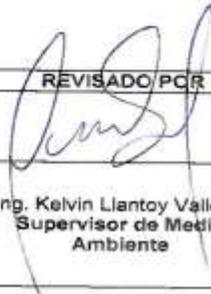
5. RESTRICCIONES

5.1. Restricciones en el traslado de cal, de almacén a la tolva

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar la actividad si existe presencia de fuertes lluvias y tormentas eléctricas.
- NO realizar la actividad si existe problemas o fallas de la faja transportadora.
- NO realizar la actividad si existe atascamiento en la descarga de la tolva.
- NO realizar la actividad si existe presencia de fuertes vientos.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con el llenado de las herramientas de gestión de seguridad.
- NO realizar la actividad si los operarios NO cuentan con la capacitación o entrenamiento para la actividad.

5.2. Restricciones en la preparación de lechada de cal

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar la actividad si existe falla electromecánica en los equipos (tolva, faja transportadora, agitador del tanque).
- NO realizar la actividad si falta agua para la preparación de la solución.
- NO realizar la actividad si la cal satura la parrilla de la faja transportadora.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con el llenado de las herramientas de gestión de seguridad.
- NO realizar la actividad si los operarios NO cuentan con la capacitación o entrenamiento para la actividad.

| | | | |
|---|---|--|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Ingojen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justino Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Alvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | PREPARACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS (FLOCULANTE) EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-04 | PÁGINA: 1 de 2 | |

1. PERSONAL

- 1.1. Supervisor de Medio Ambiente
- 1.2. Operario

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

- 2.1 Casco tipo jockey con barbiquejo
- 2.2 Overol drill con cinta reflectiva
- 2.3 Zapato de seguridad con punta de acero
- 2.4 Guantes de neopreno o showa
- 2.5 Guantes dieléctricos
- 2.6 Tapón auditivo
- 2.7 Máscara Full Face o respirador con filtro para polvo
- 2.8 Lentes de seguridad
- 2.9 Lámpara
- 2.10 Correa de seguridad
- 2.11 Mameluco descartable tyvek

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Radio portátil
- 3.2 Tanque 1 (Dosificación de floculante)
- 3.3 Tanque 2 (Preparación del floculante)
- 3.4 Probeta de Plástico de 1000 ml
- 3.5 Flexómetro 5m
- 3.6 Balanza electrónica
- 3.7 Calculadora
- 3.8 Cronómetro
- 3.9 Cucharon de despacho inoxidable
- 3.10 Floculante (Sacos de 25 Kg)
- 3.11 Embudo

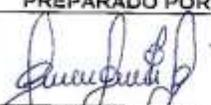
4. PROCEDIMIENTO

4.1. Antes de la operación:

- 4.1.1. El supervisor y personal involucrado verifican:
 - El estado de los EPP, en caso sea necesario se pedirá la reposición y/o cambio de éstos.
 - El acceso de la zona de trabajo, identificando las condiciones inseguras con el fin de eliminarlas antes de proceder al desarrollo de la actividad.
 - Los peligros y riesgos en el área de trabajo, llenando las herramientas de gestión de seguridad.

4.2. Para la preparación de floculante:

- 4.2.1. Antes de ingresar al área el operario debe contar con los EPP descritos en el numeral 2.

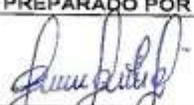
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|--|---|---|--|
|  Oswaldo Inojan Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Liantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Julián Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | PREPARACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS (FLOCULANTE) EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-04 | PÁGINA: 2 de 2 | |

- 4.2.2. Luego proceder a realizar el traslado de herramientas y materiales necesarios al punto de trabajo.
- 4.2.3. Salvo alguna modificación por parte del Ingeniero de tratamiento de aguas, se emplea 12.5 Kg de floculante por tanque de 25 m³ de agua.
- 4.2.4. En seguida, se pesa el floculante en la balanza electrónica, luego se traslada el floculante hacia el Tanque 2 de preparación.
- 4.2.5. Se apertura la válvula de agua de ingreso al Tanque 2 y simultáneamente se enciende el botón "TK floculante" del tablero eléctrico del Centro de Control de Motores PTAAM.
- 4.2.6. Verter el floculante hacia el Tanque 2 de preparación, esta labor se realizará "lentamente" con la ayuda de un embudo, ubicándolo en la parte superior del tanque.
- 4.2.7. Terminado de añadir el floculante en el Tanque 2, se retira las herramientas usadas y posteriormente se realiza la limpieza del área.
- 4.2.8. Cerrar la válvula de agua cuando se encuentre lleno el tanque y se deja agitar la solución por un espacio de 2 horas. Pasado el tiempo, se procede a apagar el botón "TK floculante".
- 4.2.9. La solución preparada reposará por un tiempo de 0.5 horas. Luego, se realiza el bombeo de la solución hacia el Tanque 1 de dosificación.
- 4.2.10. Justo después de que el Tanque 2 quede vacío, se vuelve a realizar la preparación siguiendo los pasos descritos anteriormente.
- 4.2.11. Finalmente, se registra el peso del floculante agregado en el formato de "reporte de operaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas acidas de mina". Así también, al término de guardia, se realiza la medición de la altura del contenido de la mezcla restante en el tanque de dosificación, ello para conocimiento de la guardia entrante.

5. RESTRICCIONES

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar la actividad si NO existe una capacitación al operador sobre la preparación de floculante.
- NO realizar la actividad si existen problemas mecánicos/eléctricos en el tanque de preparación.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con orden de trabajo y las herramientas de gestión.
- NO realizar la actividad si existe agua de mala calidad para el preparado de floculante.
- NO realizar el trabajo si existe la presencia de tormentas eléctricas.

| | | | |
|---|---|--|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Ingoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justina Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

ANEXO N° 3: PETS de la dosificación de los reactivos químicos en la PTAAM de la lechada de cal y floculante.

| | | | |
|---|---|-----------------------|---------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-05 | PÁGINA: 1 de 2 | |

1. PERSONAL

- 1.1 Supervisor de Medio Ambiente
- 1.2 Operario

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Casco tipo jockey con barbiquejo
- 2.2 Overol con cinta reflectiva
- 2.3 Zapato de seguridad con punta de acero
- 2.4 Guantes de neopreno o showa
- 2.5 Tapón auditivo
- 2.6 Lentes de seguridad
- 2.7 Mameluco descartable tyvek
- 2.8 Respirador con filtro para polvo
- 2.9 Correa de seguridad

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES (EPP)

- 3.1 Multiparámetro
- 3.2 PHmetro
- 3.3 Papel Panpeha
- 3.4 Turbidímetro
- 3.5 Cronómetro
- 3.6 Balde de 20 Litros
- 3.7 Vaso precipitado de 500 ml
- 3.8 Muestreador inoxidable
- 3.9 Solución lechada de cal (Hidróxido de calcio)
- 3.10 Solución con Floculante diluido

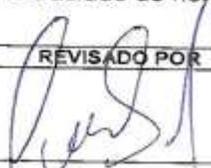
4. PROCEDIMIENTO

4.1. Antes de la operación:

- 4.1.1. El supervisor y personal involucrado verifican:
 - El estado de los EPP, en caso sea necesario se pedirá la reposición y/o cambio de éstos.
 - El acceso de la zona de trabajo, identificando las condiciones inseguras con el fin de eliminarlas antes de proceder al desarrollo de la actividad.
 - Los peligros y riesgos en el área de trabajo, llenando las herramientas de gestión de seguridad.

4.2. Para la dosificación de reactivos químicos:

- 4.2.1. Antes del ingreso al área de trabajo el personal debe contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.
- 4.2.2. Realizar el traslado de herramientas y materiales necesarios al punto de trabajo.

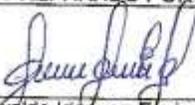
| | | | |
|--|---|--|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Irigoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Liantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justino Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|---|-----------------------|---------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSIÓN: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-05 | PÁGINA: 2 de 2 | |

- 4.2.3. Realizar la verificación del ingreso normal de agua de mina, así como el abastecimiento los reactivos químicos (lechada de cal y floculante) a utilizar en esta actividad en cada punto de dosificación.
- 4.2.4. Comenzar a medir el caudal de ingreso de agua de mina en la poza de pre-sedimentación con ayuda de un balde de 20 Litros y un cronómetro registrando el tiempo de llenado de agua en el balde (Litros/Segundos), así mismo, se medirá el pH de ingreso del agua de mina.
- 4.2.5. Según el Caudal de ingreso calculado y pH registrado, se realizará el manejo visual y químico de la dosificación de los reactivos químicos.
- 4.2.6. Para la dosificación de la lechada de cal, se obtiene muestras de agua de mina de los tanques de Neutralización y de Floculación, con el fin verificar el pH tratado del agua. El pH tratado debe oscilar entre 8.7 y 9.2; si no se encuentra en este parámetro de pH, se procede a ajustar con la cantidad de la lechada de cal, esto se realiza abriendo o cerrando la válvula respectiva.
- 4.2.7. Para la dosificación del floculante, se procede a verificar cualitativamente la formación de lodos (flóculos) en el tanque 7 de floculación. Luego, se realiza la toma muestra del agua con el propósito de medir la turbidez en el laboratorio de la PTAAM. Se debe verificar que la turbidez de la muestra debe ser inferior a 10 NTU. Si la turbidez no es inferior a 10 NTU se realiza el ajuste de este parámetro abriendo y cerrando la válvula respectiva.
- 4.2.8. Finalmente se registra los resultados de los parámetros medidos en el formato "Reporte de operaciones de la Planta de tratamiento de aguas ácidas de mina".

5. RESTRICCIONES

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar la actividad si el personal NO cuenta con la capacitación y entrenamiento adecuado para la operación.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con la orden de trabajo y las herramientas de gestión de seguridad.
- NO realizar el trabajo si existe tormentas eléctricas.

| | | | |
|---|--|---|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Irigoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justino Reyes Jefe de SSO |   Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

ANEXO N° 4: PETS de dilución de lodos en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2 de la PTAAM.

| | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | DILUCIÓN DE LODOS EN LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-08 | PÁGINA: 1 de 3 | |

1. PERSONAL

- 1.1 Supervisor de Medio Ambiente
- 1.2 Operario (sifonero)
- 1.3 Operario (vigía)

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

- 2.1. Protector de cabeza tipo jockey con barbiquejo
- 2.2. Overol Drill con cintas reflexivas
- 2.3. Zapato o botas de seguridad con punta de acero
- 2.4. Guantes neopreno
- 2.5. Guantes de badana
- 2.6. Correa de seguridad
- 2.7. Lentes de seguridad
- 2.8. Tapón auditivo
- 2.9. Mameluco descartable tyvek
- 2.10. Arnés de seguridad
- 2.11. Línea de vida

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

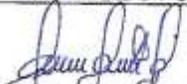
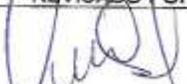
- 3.1 Balsa con baranda de 1.20 m
- 3.2 Escalera portátil
- 3.3 Puntos de anclaje (cáncamos)
- 3.4 Llave cadena
- 3.5 Llave hoz de 2" y 4"
- 3.6 Arco de sierra
- 3.7 Sogas de ¾" y de ½"
- 3.8 Manguera de HDPE de 2"
- 3.9 Manguera tipo boa de 2"
- 3.10 Acoples de 2" y 4"
- 3.11 Enlaces rosca machos de 2" y 4"
- 3.12 Válvula de bola de 2" y 4"
- 3.13 Radio portátil

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Procedimiento antes de la actividad:

4.1.1. El supervisor y personal involucrado verifican:

- El estado de los EPP, en caso sea necesario se pedirá la reposición y/o cambio de éstos.
- El acceso de la zona de trabajo, identificando las condiciones inseguras con el fin de eliminarlas antes de proceder al desarrollo de la actividad.
- Los peligros y riesgos en el área de trabajo, llenando las herramientas de gestión de seguridad (IPERC continuo y PETAR), teniendo en cuenta que deben estar todas las firmas respectivas para dar inicio a la actividad.

| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|---|---|---|--|
|  Oswaldo Ingoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Guzmán Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|--|----------------|---------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | DILUCIÓN DE LODOS EN LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-08 | PÁGINA: 2 de 3 | |

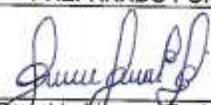
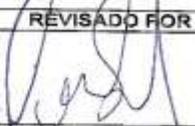
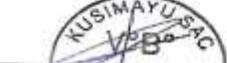
- Los equipos anticaída (arnés de seguridad, línea de vida y sogas) y de los puntos de anclaje (cáncamos).

4.2. Dilución de lodos en la parte interior en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2:

- 4.2.1. Antes del ingreso al área de trabajo el personal debe contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.
- 4.2.2. Realizar el traslado de los materiales y herramientas al punto de trabajo.
- 4.2.3. Proceder a instalar el anclaje con sogas de ½" en dos puntos para la balsa (formando una V), de tal forma que la balsa tenga mayor estabilidad en el interior de la poza.
- 4.2.4. Instalar la manguera de 2" tipo boa desde la tubería de la red principal de agua, ajustando el enlace rosca macho con una llave cadena hasta su tope final.
- 4.2.5. Amarrar la soga de ¾" a la escalera portátil y sujetarla al cáncamo; luego llevar y colocar la escalera en forma inclinada encima de la geomembrana y en dirección a la balsa.
- 4.2.6. Seguidamente, el operario sifonero debe colocarse el arnés de seguridad y la línea de vida debe estar correctamente sujetado en uno de los puntos de anclaje, ubicados alrededor de las pozas de sedimentación.
- 4.2.7. El operario sifonero desciende por la escalera utilizando los tres puntos de apoyo hasta la plataforma de la balsa e ingresar al interior de la baranda de 1.20 m.
- 4.2.8. Luego indicar al operario vigía de la parte superior que inicie el descenso de la manguera tipo boa de 2" (sujetada con una soga) por el borde del talud de la poza de sedimentación hasta que llegue a la balsa.
- 4.2.9. Una vez colocado en la balsa, el operario vigía abre la válvula de la manguera boa de 2" previa consulta al operario sifonero para iniciar la tarea de dilución del lodo.
- 4.2.10. Una vez culminado la dilución en un determinado frente, el operario vigía procederá a mover la balsa desde el exterior de la poza hacia otro punto de dilución.
- 4.2.11. Después de ello, el operario vigía desacoplará la manguera tipo boa y lo reubicará en dirección de la balsa y se vuelve a realizar los pasos descritos anteriormente.
- 4.2.12. Culminado la actividad el operario sifonero deberá ascender por la escalera usando los tres puntos de apoyo y se desenganchará de la línea de vida afuera de la poza de sedimentación.
- 4.2.13. Finalmente, realizar orden y limpieza de su área de trabajo.

4.3. Dilución de lodos en la parte exterior en las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2:

- 4.3.1. Antes del ingreso al área de trabajo el personal debe contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.
- 4.3.2. Realizar el traslado de los materiales y herramientas al punto de trabajo.
- 4.3.3. Instalar la manguera de 2" tipo boa desde la tubería de la red principal, ajustando el enlace rosca macho con una llave cadena hasta su tope final.

| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|---|---|--|--|
|  Oswaldo Irigoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Antonio Reyes Jefe de SBO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|--|----------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | DILUCIÓN DE LODOS EN LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN EN LA PTAAM | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-08 | PÁGINA: 3 de 3 | |

- 4.3.4. Seguidamente, el operario sifonero debe colocarse correctamente el arnés de seguridad y la línea de vida debe estar correctamente sujetado en uno de los puntos de anclaje ubicados en exteriores de las pozas de sedimentación.
- 4.3.5. Luego, comunicarse el operario vigía para abrir la válvula de la manguera boa de 2".
- 4.3.6. La dilución de lodos se realiza desde los exteriores de la poza de sedimentación.
- 4.3.7. El operario vigía cerrará la válvula cuando existe lodo acumulado en la poza de sedimentación para el respectivo filtrado.
- 4.3.8. Finalmente, realizar orden y limpieza de su área de trabajo.

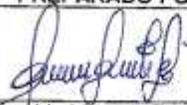
5. RESTRICCIONES

5.1. Restricciones en la dilución de lodos en la parte interior de la poza

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar la actividad si los operarios NO cuentan con el entrenamiento y capacitación respectiva.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con la orden de trabajo y herramientas de gestión de seguridad.
- NO realizar la actividad si la balsa se encuentra inoperativa.
- NO se realiza la actividad si se evidencia la geomembrana mojada.
- NO realizar la actividad si hay presencia de fuertes lluvias o tormentas eléctricas.
- NO realizar la actividad si NO hay supervisión permanente, ya que es un trabajo de alto riesgo.

5.2. Restricciones en la dilución de lodos en la parte exterior de la poza

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO se realiza la actividad si se evidencia la geomembrana mojada.
- NO realizar la actividad si hay presencia de fuertes lluvias o tormentas eléctricas.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con la orden de trabajo y herramientas de gestión de seguridad.

| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|---|---|--|--|
|  Oswaldo Ingoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 |  Ing. Kevin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |   Ing. José Justiniano Reyes Jefe de Seguridad |   Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

ANEXO N° 5: PETS de la operación de la planta filtro prensa de lodos.

| | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | OPERACIÓN DEL FILTRO PRENSA DE LODOS | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-19 | PÁGINA: 1 de 3 | |

1. PERSONAL

- 1.1. Supervisor de Medio Ambiente
- 1.2. Operario

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

- 2.1 Casco protector tipo jockey con barbiquejo
- 2.2 Zapatos o botas dieléctrico
- 2.3 Mameluco con cintas reflectivas
- 2.4 Guantes de badana
- 2.5 Guantes dieléctrico
- 2.6 Tapón auditivo
- 2.7 Respirador con filtro para polvo
- 2.8 Correa de seguridad
- 2.9 Lentes de seguridad

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1. Balanza Mercy
- 3.2. Lampa o palana
- 3.3. Escoba
- 3.4. Manguera
- 3.5. Paleta metálica
- 3.6. Llave stilson
- 3.7. Lámpara
- 3.8. Baide de 20 litros
- 3.9. Espátula

4. PROCEDIMIENTO

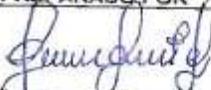
4.1. Procedimiento antes de la actividad:

4.1.1. El supervisor y personal involucrado verifican:

- El estado de los EPP; en caso sea necesario se pedirá la reposición y/o cambio de éstos.
- El acceso de la zona de trabajo, identificando las condiciones inseguras con el fin de eliminarlas antes de proceder al desarrollo de la actividad.
- Los peligros y riesgos en el área de trabajo, llenando las herramientas de gestión de seguridad.

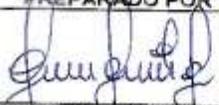
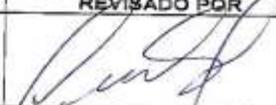
4.2. Procedimientos para operación de filtro prensa:

- 4.2.1. Antes del ingreso al área de trabajo el personal debe contar con todos sus EPP mencionados en el numeral 2.
- 4.2.2. Realizar el traslado de los materiales y herramientas al punto de trabajo.

| | | | |
|--|---|---|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Ingoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 |  Ing. Kelvin Liantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justiniano Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

| | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | OPERACIÓN DEL FILTRO PRENSA DE LODOS | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-19 | PÁGINA: 2 de 3 | |

- 4.2.3. Cerciorarse que las válvulas de alimentación del Holding Tank se encuentren aperturadas. Estas deben encontrarse abiertas según la bomba de alimentación de lodo (N° 1 o N° 2) que se usará.
- 4.2.4. Verificar que la presión de la compresora se encuentre entre 10 a 20 Bar (observar el barómetro de la compresora).
- 4.2.5. Constatar el nivel del Holding Tank, este debe encontrarse lleno o hasta la primera hélice.
- 4.2.6. Inspeccionar el panel central del filtro y verificar la revolución de la bomba de alimentación (Bomba 1: 1660 a 1690 revoluciones o Bomba 2: 1760 a 1790 revoluciones).
- 4.2.7. Seleccionar el modo de operación del filtro prensa de lodos, ya sea de modo automático o semiautomático.
- 4.2.8. Verificar que el filtro prensa se encuentre en una posición "Inicial": compuerta cerrada y el filtro abierto.
- 4.2.9. En el panel central del filtro, se inicia el ciclo del filtrado seleccionando la opción "Iniciar", este proceso debe alcanzar 250 (Bar) en el manómetro a presión y 20 (MPa) en el manómetro del cilindro hidráulico.
- 4.2.10. Esperar el tiempo configurado de la alimentación de lodos al filtro prensa (entre 120 a 180 minutos) y se necesitará tanquear de 2 a 4 veces el Holding Tank dependiendo la densidad del lodo.
- 4.2.11. A la par, verificar el nivel de agua filtrada en el tanque de concreto. De estar lleno el tanque, se procederá a recircular el agua al presedimentador de la PTAAM. Esta labor consta del encendido de la bomba de recirculación N° 1 o N° 2 ubicado al costado del tanque de concreto.
- 4.2.12. Culminado la alimentación del lodo, asegurar que el nivel de lodo en el Holding Tank se encuentre a niveles mínimos. Luego, se inicia el proceso de presurizado de membranas, que consta inyectar aire de la compresora hacia las placas del filtro. El panel central del filtro dará el mensaje para iniciar este proceso que tiene una duración aproximada de 20 minutos.
- 4.2.13. En seguida, se realiza la limpieza del canal de alimentación el cual se efectúa seleccionando el botón "E-04". Dicha limpieza tiene una duración de 15 segundos.
- 4.2.14. Posterior a ello, se da inicio al proceso de secado "4", que consta eliminar el agua residual del proceso de presurizado, teniendo una duración de 40 segundos.
- 4.2.15. Seguidamente, se efectúa el despresurizado de membranas con el objetivo de eliminar el aire residual del filtro prensa, con una duración de 40 segundos.
- 4.2.16. Concluido la labor, se inicia el despresurizado del filtro en un tiempo de 40 segundos.
- 4.2.17. Se procede a abrir la compuerta del filtro prensa para realizar la descarga de lodos seco.
- 4.2.18. Antes de concluir el anterior proceso, se solicita al supervisor el requerimiento del volquete. Una vez presente el volquete, se da paso a la apertura del filtro prensa, encendiendo la faja transportadora para iniciar la descarga del lodo seco.
- 4.2.19. Durante la descarga se tiene que verificar placa por placa que no quede restos de lodo seco en las lonas. En caso de presentar esta anomalía, se detendrá la placa con el mando automático para realizar la limpieza con ayuda de la paleta metálica.

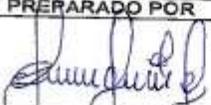
| | | | |
|---|--|---|---|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Irigoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justino Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | FECHA DE APROBACIÓN: 08-02-2024 | |

| | | | |
|---|--|----------------|-------------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO | | UNIDAD MINERA HUANCAPETI |
| | OPERACIÓN DEL FILTRO PRENSA DE LODOS | | |
| | ÁREA: MEDIO AMBIENTE | VERSION: 01 | |
| | CÓDIGO: PETS-KUS-MA-19 | PÁGINA: 3 de 3 | |

- 4.2.20. Terminado la descarga total del lodo, se da aviso al conductor del volquete para que traslade la carga hacia su destino final.
- 4.2.21. Se procede a apagar la faja transportadora y se cierra la compuerta.
- 4.2.22. Después de ello, se vuelve a realizar los pasos descritos anteriormente
- 4.2.23. Finalmente, la labor concluye con el orden y limpieza del área de trabajo.

5. RESTRICCIONES

- NO realizar la actividad si NO cuenta con los EPP indicados en el numeral 2.
- NO realizar el trabajo si NO cuenta con el llenado de las herramientas de gestión de seguridad.
- NO realizar la actividad si los operarios NO cuentan con la capacitación y entrenamiento para la actividad.
- NO realizar la actividad si el sistema de filtro alerta alguna información de error en la pantalla touch.

| | | | |
|--|---|---|--|
| PREPARADO POR | REVISADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  Oswaldo Irigoyen Espinoza Supervisor Técnico de Medio Ambiente |  Ing. Kelvin Llantoy Vallejos Supervisor de Medio Ambiente |  Ing. José Justiniano Reyes Jefe de SSO |  Ing. Cesar Camino Álvarez Asistente de Residente |
| FECHA DE ELABORACIÓN: 07-02-2024 | | | FECHA DE APROBACIÓN: 09-02-2024 |

ANEXO N° 6: Reporte de las operaciones de la PTAAM, del día 06 de julio del 2024 guardia C turno noche, control de parametros fisico quimicos del monitoreo de las aguas acidas de ingreso y tratados asi mismo el consumo de reactivos químicos y el stock..

REPORTE DIARIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS DE MINA (PTAAM)

Fecha: 06/07/24
Turno: NOCHE



| Control / Agua de Mina (Entrada) | | | | | | | Control / Descarga de Efluente tratado (Salida SM 01) | | | | | |
|----------------------------------|---------------|------|----|-----------------|------------------|--------------|---|--------|---------------|----|--------------|------------------|
| Hora | Caudal L/s | pH | %S | Densidad g/L | Turbiedad NTU | CE (mg/l) | Estado de la descarga (pH) | | Caudal L/s | pH | CE (mg/l) | Turbiedad NTU |
| | | | | | | | Entrada | Salida | | | | |
| 20:00 | 26.32 | 3.24 | | | | | | | | | | |
| 22:00 | 27.15 | 3.25 | | | | | | | | | | |
| 00:00 | 29.73 | 3.40 | | | | | | | | | | |
| 02:00 | 26.53 | 3.42 | | | | | | | | | | |
| 04:00 | 33.59 | 3.84 | | | | | | | | | | |
| 06:00 | 20.67 | 3.07 | | | | | | | | | | |
| Promedio | 27.64 | 3.26 | | | | | | | | | | |

| Control de pH (Tanques) | | | | Salida Tanque 7 | | | Control CE, PH y Turb (Pozas de clarificación) | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|-----------------|-----------------|------|--|----------|-----------|----------|----|-----------|----|
| Hora | N-1 | N-3 | O-8 | %S | Densidad g/L | PH | Clarificado | Pozas #1 | | Pozas #2 | | | |
| | | | | | | | | CE | Turbiedad | PH | CE | Turbiedad | PH |
| 20:00 | 8.75 | 8.91 | 8.63 | | | 8.63 | | | | | | | |
| 22:00 | 8.29 | 8.75 | 8.81 | | | 8.77 | | | | | | | |
| 00:00 | 8.69 | 8.66 | 8.63 | | | 8.60 | | | | | | | |
| 02:00 | 8.82 | 8.80 | 8.78 | | | 8.76 | | | | | | | |
| 04:00 | 8.85 | 8.81 | 8.79 | | | 8.73 | | | | | | | |
| 06:00 | 8.80 | 8.77 | 8.73 | | | 8.70 | | | | | | | |
| Promedio | 8.70 | 8.74 | 8.73 | | | 8.69 | | | | | | | |

| Guardia | Consumo de Reactivos | | | | | | | | Muestras de Agua | | | | |
|---------|----------------------|------|------|-----|------------|------|----|------|---------------------|------|-------------|--|--------|
| | Hidroxido de Calcio | | | | Floculante | | | | Sulfato de Aluminio | | Hipoclorito | | Cag 02 |
| | TK-1 | Kg | TK-2 | Kg | TK-2 | TK-1 | Kg | TK-1 | Kg | TK-1 | Litros | | |
| Inicio | 2.50 | 800 | 2.00 | 640 | 2.90 | 1.00 | | | | | | | |
| Consumo | 0.50 | 1.60 | 2.00 | 640 | | 2.40 | | | | | | | |
| Final | 2.00 | 640 | 2.50 | 800 | 2.90 | 1.50 | | | | | | | |

| Stock | Control de Reactivos - STOCK | | | | | Cag 06 |
|---------|------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-------------|--------|
| | Cal Hidratada (Kg) | Cal Hidratada (Sacos) | Floculante (Kg) | Floculante (sacos) | Hipoclorito | |
| | Inicial | 29400 | 669 | 512.5 | 22 | |
| Consumo | 860 | 29 | 12.5 | 1 | | |
| Final | 28400 | 649 | 500 | 21 | | |

| MONITOREO DE AGUAS | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| Parametro | Caridad / Coturcan | | Parametro | QHERC 1 | QHERC 2 | QHERC 1 | QHERC 2 |
| pH | 5.61 | 6.04 | pH | | | | |
| Turb (NTU) | | | Turb (NTU) | | | | |
| CE (mg/l) | | | CE (mg/l) | | | | |
| OD (mg/L) | | | OD (mg/L) | | | | |
| Caudal (l/s) | 19.24 | 18.71 | Caudal (l/s) | | | | |
| Hora | 22:00 | 04:00 | Hora | | | | |

Operadores

| | |
|-----------|----------------|
| Reactivos | |
| Tanques | Alexander Luna |
| Stfoneo | Kolando Robles |

Observaciones del Supervisor:

Supervisor: _____

Observaciones Consumo de cal: 800kg

Pz1 BL:

TR:

Pz2 BL: 10.

ANEXO N° 7: Reporte de las operaciones de la PTAAM, del día 12 de julio del 2024 guardia C turno dia, control de parametros fisico quimicos del monitoreo de las aguas acidas de ingreso y tratados así mismo el consumo de reactivos químicos y el stock.

REPORTE DIARIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA (PTAAM)

Fecha: 12-07-24
Turno: DIA



| Hora | Control - Agua de Mina (Entrada) | | | | | | | Control - Descarga de Efluente tratado (Salida EM.01) | | | | |
|----------|----------------------------------|------|----|-----------------|------------------|------------|---|---|---------------|----|---------------|------------------|
| | Caudal L/s | pH | %S | Densidad g/L | Turbiedad NTU | CE (má/cm) | Sólidos sedimentables (má.) Pre sedimentador | | Caudal L/s | pH | CE (má/cm) | Turbiedad NTU |
| | | | | | | | Entrada | Salida | | | | |
| 08:00 | 25.64 | 2.64 | | | | | | | | | | |
| 10:00 | 28.98 | 2.83 | | | | | | | | | | |
| 12:00 | 28.84 | 2.90 | | | | | | | | | | |
| 14:00 | 26.31 | 2.38 | | | | | | | | | | |
| 16:00 | 12.46 | 2.90 | | | | | | | | | | |
| 18:00 | 24.78 | 3.24 | | | | | | | | | | |
| Promedio | 24.05 | 2.98 | | | | | | | | | | |

| Hora | Control de pH (Tanques) | | | Salida Tanque 7 | | | Control: CE, PH y Turb. (Pozas de Sedimentación) | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------|------|------|-----------------|-----------------|------|--|----------|-----------|----------|-----------|----|----|-----------|----|--|
| | N-1 | N-2 | O-E | %S | Densidad g/L | PH | PH | Pozas #1 | | Pozas #2 | | PH | CE | Turbiedad | PH | |
| | | | | | | | | CE | Turbiedad | CE | Turbiedad | | | | | |
| 08:00 | 8.54 | 8.53 | 8.86 | | | 8.84 | | | | | | | | | | |
| 10:00 | 8.82 | 8.83 | 8.83 | | | 8.80 | | | | | | | | | | |
| 12:00 | 8.93 | 8.83 | 8.80 | | | 8.79 | | | | | | | | | | |
| 14:00 | 8.79 | 8.75 | 8.70 | | | 8.66 | | | | | | | | | | |
| 16:00 | 8.81 | 8.77 | 8.74 | | | 8.70 | | | | | | | | | | |
| 18:00 | 8.75 | 8.73 | 8.70 | | | 8.67 | | | | | | | | | | |
| Promedio | 8.82 | 8.80 | 8.77 | | | 8.74 | | | | | | | | | | |

| Guardia | Consumo de Reactivos | | | | | | | | Muestras de Agua | | | | | |
|---------|----------------------|-----|----------------|------|----------------|----------------|---------------------|----------------|------------------|----------------|---------|----|-------|------|
| | Hidroxido de Calcio | | | | Floculante | | Sulfato de Aluminio | | Hipoclorito | | C.Ag 02 | pH | Turb. | C.E. |
| | TK-1 Altura | Kg | TK-2 Altura | Kg | TK-2 Altura | TK-1 Altura | Kg | TK-1 Altura | Kg | TK-1 Altura | | | | |
| Inicio | 2.50 | 600 | 1.00 | 2.40 | 2.40 | 1.50 | | | | | | | | |
| Consumo | 2.50 | 600 | 1.00 | 4.00 | — | 2.00 | | | | | | | | |
| Final | 2.50 | 600 | 2.00 | 640 | 2.40 | 2.40 | | | | | | | | |

| Stock | Control de Reactivos - STOCK | | | | | C.Ag 06 | pH | Turb. | C.E. | OD | Caudal | Hora | |
|---------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----|--------------------|---------|----|-------|------|----|--------|------|-------------|
| | Cal Hidratada(Kg) | Cal Hidratada (Sacos) | Floculante (Kg) | | Floculante (sacos) | | | | | | | | Hipoclorito |
| | Inicial | 19200 | 414 | 350 | 15 | | | | | | | | |
| Consumo | 1600 | 40 | 123 | — | | | | | | | | | |
| Final | 36800 | 854 | 337.5 | 15 | | | | | | | | | |

| MONITOREO DE AGUAS | | | | | | | |
|--------------------|------------------|-------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Parametro | Cedrad / Cotaran | | Parametro | QHERC 1 | QHERC 2 | QHERC 1 | QHERC 2 |
| pH | 5.10 | 5.92 | pH | | | | |
| Turb NTU | | | Turb (NTU) | | | | |
| C.E sublim | | | C.E (á/lum) | | | | |
| OD mg/L | | | OD (mg/L) | | | | |
| Caudal L/s | 60.60 | 6.76 | Caudal (L/s) | | | | |
| Hora | 10:00 | 16:00 | Hora | | | | |

Operadores

Reactivos: _____

Tanques: Alexander Luna

Monitoreo: Rolando Robles

Observaciones del Supervisor:

Supervisor: _____

Observaciones: Consumo de cal 1000Kg * Ingreso al almacen de cal 400 sacos por 40Kg
P21: BL 2.50 pureza de 67
TR 3.50 total 19,200Kg
P22 BL: 10.50

ANEXO N° 8: Reporte de las operaciones del filtro prensa de lodos, del día 06 de septiembre del 2024 guardia A y C turno dia y noche, control del tiempo total de filtración y el volumen de lodo filtrado si mismo el número de descargas de lodo seco, además del reporte de fallas en la planta.

| LINCUNA | | VOLUMEN DE FILTRO DE LODOS | | | | | | | | | | FECHA 06/09/24 | | Firma | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|---------------------------|----------|----------|----------------|----------------------|----------|--------|------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------|------|-------|------|--|
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Shael Jonez Acosta | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°= | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 6 | 324 | 24 | 78 | Bomba 1 | 20:30 | 20:18 | 2 | 32 | 0.61 | 167 | 65 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 20:30 | 2:27 | 2 | 35 | 0.56 | 167 | 59 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:20 | 1:24 | 2 | 35 | 0.56 | 167 | 59 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 133 pases | | total | | 321 | | 153 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Las poleas de carga de la parte delantera de la faja están funcionando con mayor intensidad al activar la faja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | 101 | 55 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 21 | 68 | Bomba 1 | 5:00 | 6:48 | 2 | 36 | 0.54 | 106 | 57 | 1030 | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | N° Pases | | 03 Filtros | | total | | 312 | | 168 | | 1030 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 Filtros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO | | NOMBRE DEL OPERADOR | | | | | | | | | | VOLUMEN TOTAL FILTRADO (L) | | | | | | | |
| MÓDULO | | Ronel Pacor Ouspe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q= A (L/1) | | V= Q (L/1) | | N° Pases | | Día de Trabajo | | BOMBA | | | | | | | | | | | |
| | | | | N°=02 | | VIERNES | | | | | | | | | | | | | |
| CARGA DE ENTRADA (CM) | Tiempo para (D) (min) | | Inyección de lodo (D) (L) | | Filtrado | Bomba | CARGA DE SALIDA (CM) | | | | Tiempo total (D) (min) | Volumen de lodo (D) (L) | Densidad (Kg/m ³) | Peso de lodo seco (Kg) | Fase | | | | |
| | A (cm) | B (cm) | A (cm) | B (cm) | | | A (cm) | B (cm) | C (cm) | D (cm) | | | | | total | flor | total | flor | |
| 1 | 2 | 7 | 278 | 21 | 58 | Bomba 1 | 8:30 | 10:15 | 2 | 36 | 0.54 | 105 | 56 | 1030 | | | | | |
| | 2 | 6 | 324 | 22 | 71 | Bomba 1 | 1:30 | 1:31 | 2 | 35 | 0.55 | | | | | | | | |

ANEXON° 9: Formato de reporte de detección de fallas y anomalías en los equipos y componentes de la PTAAM y filtro prensa de lodos.

|  | | FORMATO DE DE LOS EQUIPOS DE HORAS TRABAJADAS - PLATA DE FILTRADO DE LODO PRENSADO | | | |
|---|-------------|--|---------------------------------------|------------|--|
| ITEM | TAG | DESCRIPCION | MES DE MARZO-2025 ESTADO OPERATIVO | TURNO: DIA | |
| SECCIÓN DE RECIRCULACIÓN DE AGUA FILTRADA | | | | | |
| 28 | E-08-ME-001 | Motor eléctrico | Bomba 65-200-1 | | |
| 29 | E-08-ME-002 | Motor eléctrico | Bomba 65-200-2 | | |
| 30 | E-08-BS-001 | Bomba sumergible | Bomba sumergible - APEX | | |
| SECCIÓN DE FILTRADO DE LODO | | | | | |
| 31 | E-09-ME-001 | Motor eléctrico | Holding tank | | |
| 32 | E-09-ME-002 | Motor eléctrico | Bomba IS125-100_400-1 | | |
| 33 | E-09-ME-003 | Motor eléctrico | Bomba IS125-100_400-2 | | |
| 34 | E-09-ME-004 | Motor eléctrico | Bomba 6x4 | | |
| 35 | E-09-ME-005 | Motor eléctrico | Bomba 6x4 | | |
| 36 | E-09-CM-001 | Compresor de aire | Compresor JAGUAR | | |
| 37 | E-01-MR-001 | Motorreductor | Faja transportadora | | |
| SECCIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO | | | | | |
| 38 | E-10-ME-001 | Motor eléctrico | Bomba de piston hidraulico | | |
| 39 | E-10-ME-002 | Motor eléctrico | Bomba de la compuerta | | |
| 40 | E-10-ME-003 | Motor eléctrico | Bomba de carrito transp. Placas | | |
| FALLAS DETECTADAS | | | | | |
| | | | | | |

ANEXO N° 10: Resultados del muestreo de los parámetros fisicoquímicos aguas abajo a 330 m de la unión de la quebrada Hércules y Pallca realizado en los laboratorios de Certimin en los puntos de muestreo CAg-01 y CAg-02.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° OCT1080.R24

Registro N° LE-022

RESULTADOS

| Muestras | | Ensayos | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| N° | Código de Servicio Ensayo Unidad Límite de Detección ID | MDN0000 Fecha Muestreo | MDN0000 Tipo Muestra | MA0460 Nor* WGS-84 | MA0460 Est* WGS-84 | MA0460 Altitud* msnm | MA0460 Zona* --- | MA0181 Temperatura °C | MA0148 pH Unid de pH 2.0 | MA0055 Conductiv. µmho/cm | MA1658 Dissolved Oxygen** mg/L 0.22 | MA0037 CN Wad mg/L 0.005 | MA1401 HCO3- mg HCO3-/L 1.5 | MA1014 Br- mg/L 0.03 | MA1014 F- mg/L 0.005 | MA1014 Cl- mg/L 0.02 | MA1014 NO2- mg/L 0.03 |
| 1 | CAg-01 | 2024-10-02 10:00 | Agua Superficial | 8918628 | 218517 | 3912 | 18L | 15.7 | 7.3 | 66.5 | 5.62 | <0.005 | 10.6 | <0.03 | 0.028 | 0.49 | <0.03 |
| 2 | CAg-02 | 2024-10-02 11:00 | Agua Superficial | 8918797 | 218159 | 3877 | 18L | 14.5 | 6.3 | 359.0 | 5.80 | <0.005 | 6.6 | <0.03 | 0.097 | 3.00 | 0.24 |

Las Coordenadas*, Altitud*, Zona*: Temperatura, pH, Conductiv., Dissolved Oxygen** son mediciones realizadas en campo.
 Conductiv.: Medición realizada a la Temperatura de 25°C
 pH: Medición realizada a la temperatura del cuerpo.
 (*) Parámetro de ensayo acreditado por IAS; con registro N° TL-1051.
 (**) Los resultados se encuentran fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA / IAS
 LD: Límite de Detección (Límite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.

TEL: UCHIBEMBOE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO BANCARIO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° OCT1080.R24

| Muestras | | Ensayos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° | Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD | MA1014 NO3- mg/L | MA1014 SO42- mg/L | MA1014 NO2-N mg/L | MA1014 NO3-N mg/L | MA1014 PO4 mg/L | MA1014 HPO4-P mg/L | MA1014 PO4-P mg/L | MA1779 AcyG. ** mg/L | MA0075 Fenoles mg/L | MA0075 Fenoles pg/L | MA0112 Hg (t) mg/L | MA0122 Ag (t) mg/L | MA0122 Al (t) mg/L | MA0122 As (t) mg/L | MA0122 Ba (t) mg/L | MA0122 Be (t) mg/L | MA0122 Bi (t) ** mg/L | MA0122 B (t) mg/L | MA0122 Ca (t) mg/L | MA0122 Cd (t) mg/L | MA0122 Ce (t) mg/L | MA0122 Co (t) mg/L |
| 1 | CAG-01 | 0.53 | 24.61 | <0.01 | 0.12 | <0.16 | <0.05 | <0.05 | 1.21 | <0.001 | <1.000 | <0.0001 | <0.002 | 0.34 | <0.008 | 0.012 | <0.0003 | <0.02 | 0.076 | 7.92 | <0.001 | <0.02 | <0.002 |
| 2 | CAG-02 | 1.14 | 191.48 | 0.07 | 0.26 | <0.16 | <0.05 | <0.05 | 1.83 | <0.001 | <1.000 | <0.0001 | <0.002 | 0.90 | <0.008 | 0.010 | <0.0003 | <0.02 | 0.132 | 48.18 | 0.039 | <0.02 | 0.013 |

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° OCT1080.R24

| Muestras | | Ensayos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| N° | Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD | MA0122 Cr (t) mg/L 0.004 | MA0122 Cu (t) mg/L 0.003 | MA0122 Fe (t) mg/L 0.01 | MA0122 K (t) mg/L 0.01 | MA0122 Li (t) mg/L 0.004 | MA0122 Mg (t) mg/L 0.02 | MA0122 Mn (t) mg/L 0.001 | MA0122 Mo (t) mg/L 0.004 | MA0122 Na (t) mg/L 0.01 | MA0122 Ni (t) mg/L 0.002 | MA0122 P (t) mg/L 0.06 | MA0122 Pb (t) mg/L 0.01 | MA0122 Sb (t) mg/L 0.008 | MA0122 Se (t) mg/L 0.02 | MA0122 SiO2 (t) mg/L 0.02 | MA0122 Sn (t) mg/L 0.007 | MA0122 Sr (t) mg/L 0.0007 | MA0122 Ti (t) mg/L 0.01 | MA0122 Tl (t) mg/L 0.05 | MA0122 V (t) mg/L 0.003 | MA0122 Zn (t) mg/L 0.005 | MA0756 DBO5 mg/L 2.0 |
| 1 | CAG-01 | 0.005 | 0.003 | 0.15 | 0.38 | <0.004 | 1.27 | 0.040 | <0.004 | 3.07 | <0.002 | <0.06 | 0.01 | <0.008 | <0.02 | 10.10 | 0.038 | 0.0598 | <0.01 | <0.05 | <0.003 | 0.054 | <2.0 |
| 2 | CAG-02 | <0.004 | 0.021 | 0.17 | 1.42 | <0.004 | 6.15 | 5.481 | <0.004 | 7.22 | <0.002 | <0.06 | 0.01 | <0.008 | <0.02 | 14.13 | 0.049 | 0.2243 | <0.01 | <0.05 | <0.003 | 6.474 | <2.0 |

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° OCT1080.R24

| Muestras | | Ensayos | |
|----------|------------------------|---------|---------------------|
| N° | Código de Servicio | MA0757 | MA0789 |
| | Ensayo | DQD | Coliformes Fecales. |
| | Unidad | mg/L | NMP/100mL |
| | Límite de Detección LD | 10 | 1.0 |
| 1 | CAG-01 | <10 | 2.0 |
| 2 | CAG-02 | <10 | 2.0 |

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

ANEXO N° 11: Resultados del muestreo de los parámetros fisicoquímicos de la tubería de salida de la poza de sedimentación N° 2 del agua residual industrial tratado en los puntos de muestreo EM – 01* y EM – 02.



**INFORME DE ENSAYO
N° OCT1067.R24**

RESULTADOS

| Muestras | | Ensayos | | | | | |
|----------|---|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| N° | Código de Servicio Ensayo Unidad Límite de Detección (L) | NUM008 Fecha Muestreo | NUM008 Tipo Muestra | MA0460 Nor. W05-04 | MA0460 Est. W05-04 | MA0460 Altitud masa | MA0460 Soux --- |
| 1 | EM-01 | 2024-10-02 12:00 | Agua Residual Industrial | 0019196 | 219079 | 3696 | 18L |

Las Coordenadas Altitud, Zona son mediciones realizadas en campo.
Estación de muestreo: EM-01, Punto sin Fijar

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la 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
entregadas.



**INFORME DE ENSAYO
N° OCT1095.R24**

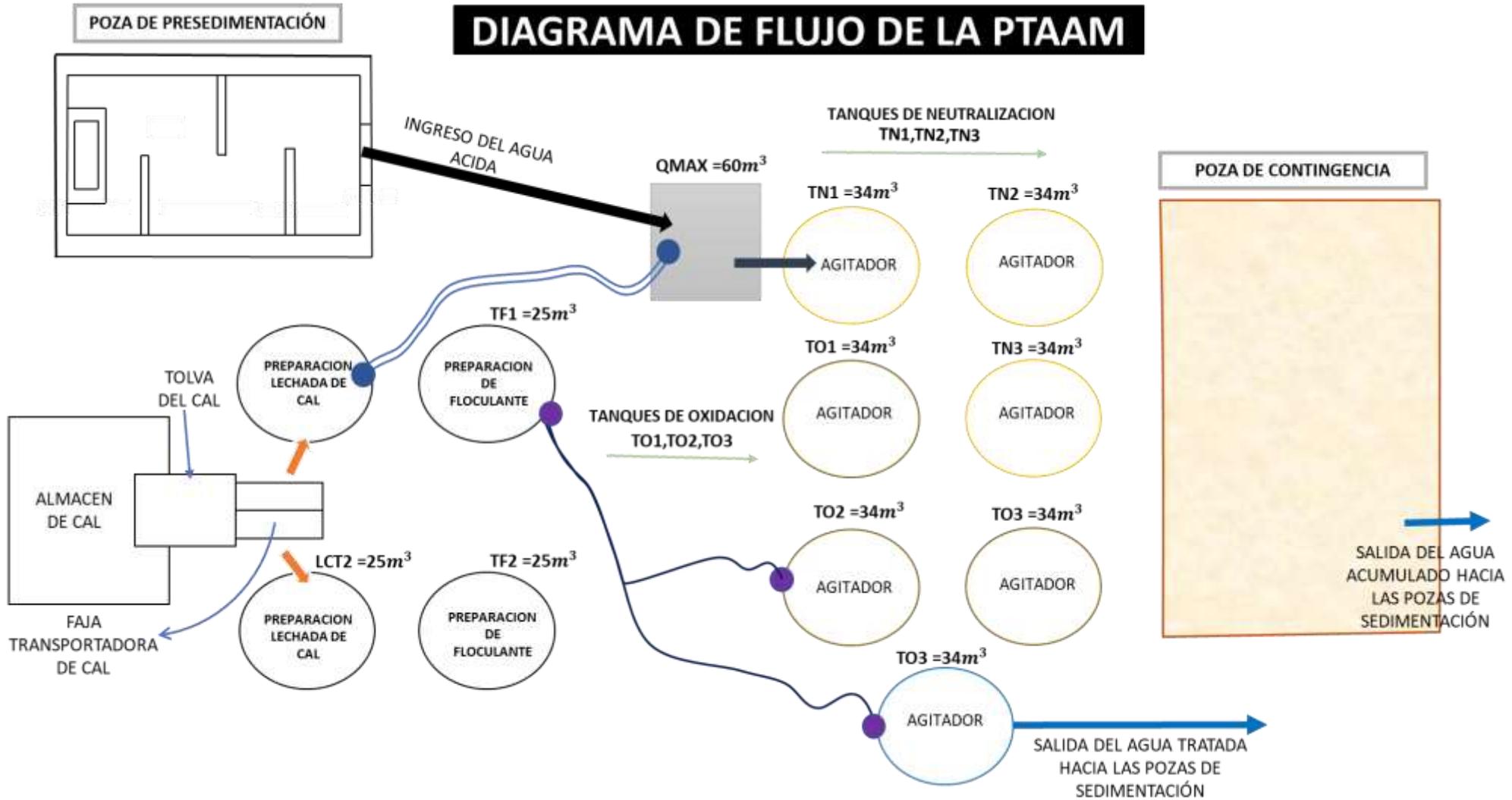
RESULTADOS

| Muestras | | Ensayos | | | | | |
|----------|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| N° | Código de Servicio Ensayo Unidad Límite de Detección LD | MON0000 Fecha Muestreo | MON0000 Tipo Muestra | MA0460 Noz WGS-04 | MA0460 Est WGS-04 | MA0460 Altitud mnm | MA0460 Zona --- |
| 1 | EM-02 | 2024-10-03 14:30 | Agua Residual Industrial | 8920522 | 221547 | 4158 | 18L |

Las Coordenadas, Altitud, Zona* son mediciones realizadas en campo.
Estación de Muestreo EM-02, sin flujo

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la 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.

ANEXO N° 12: Diagrama de flujo de la PTAAM.



ANEXO N° 13: Vista fotográfica de la PTAAM.

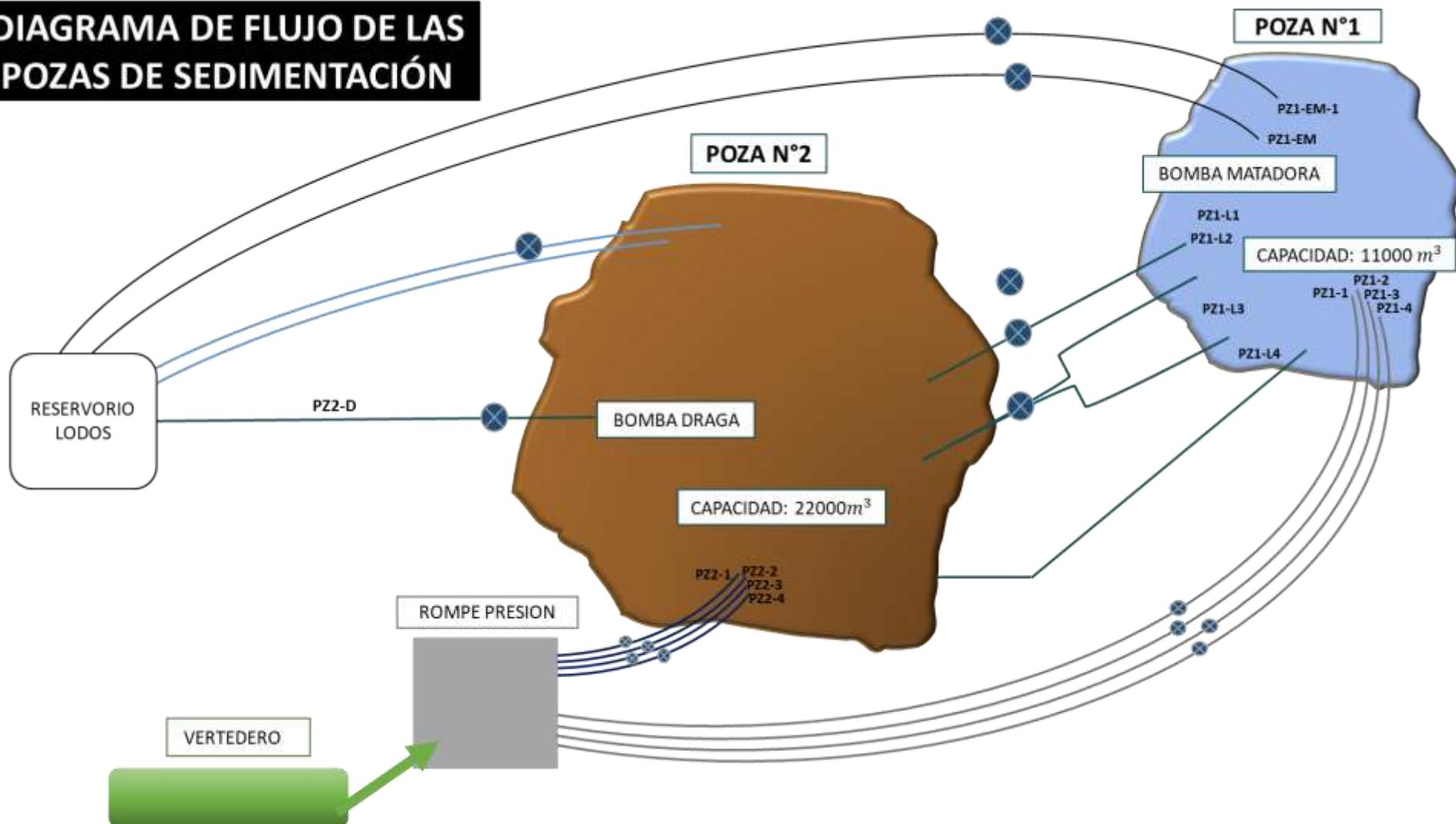


ANEXO N° 14: Ingreso de agua ácida hacia el presedimentador con una coloración rojiza con un pH de 3.5 y plomiza con un pH de 5.9.



ANEXO N° 15: Diagrama de flujo de las pozas de sedimentación N° 1 y N° 2.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN



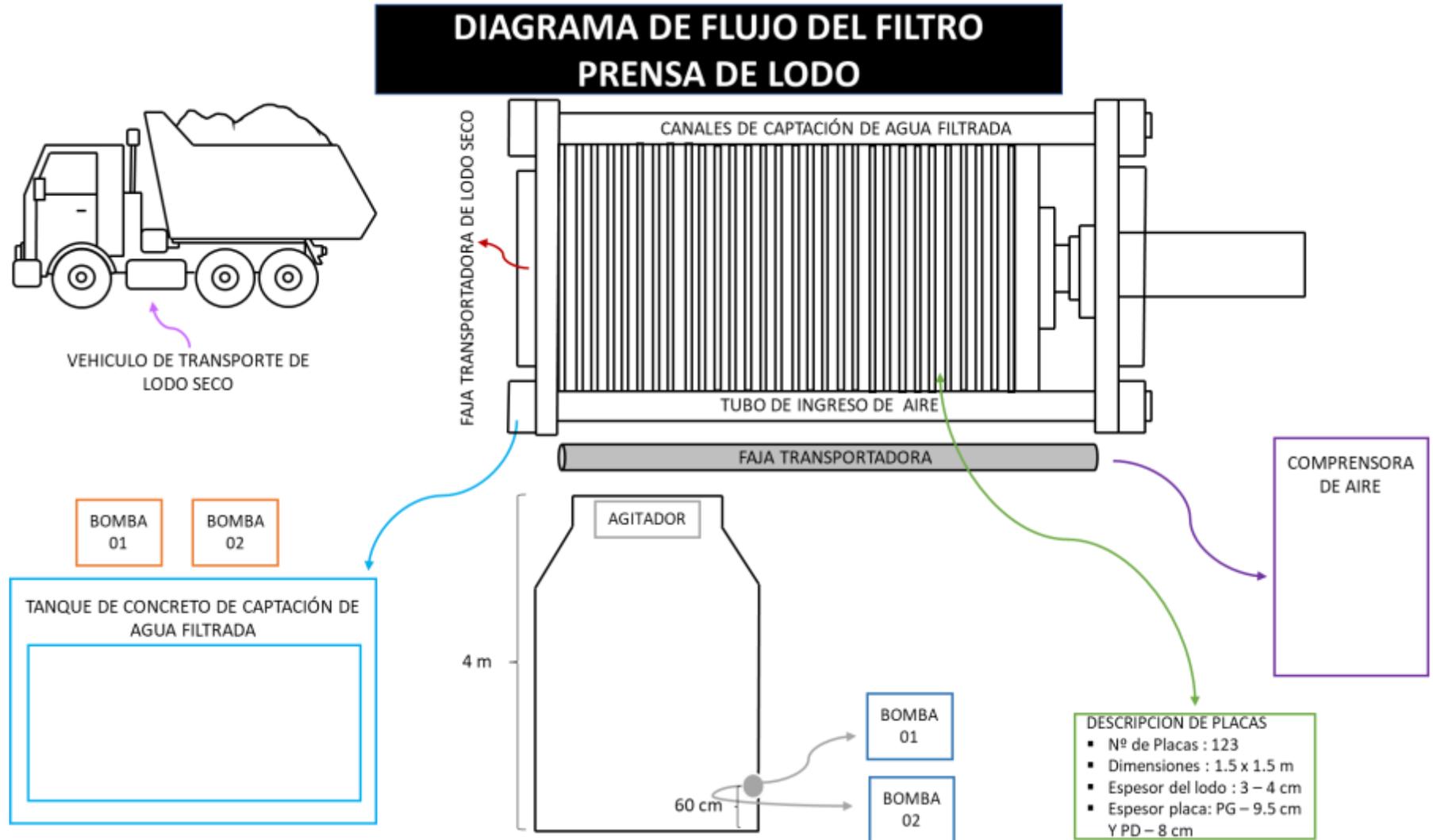
ANEXO N° 16: Poza de sedimentación N° 1 antes cuando tenían aún las cortinas de geomembrana para romper los flóculos y después cuando se le cambió por boyas de cilindros para la misma función.



ANEXO N° 17: Vista fotográfica de la poza de sedimentación N° 2 antes que se realice al cambio de poza y después cuando se está diluyendo el lodo acumulado para el filtrado.



ANEXO N° 18: Diagrama de flujo de la planta filtro prensa de lodos.



ANEXO N° 19: Vista fotográfica de la planta filtro prensa de lodos.



ANEXO N° 20: Vista fotográfica del proceso de descarga del lodo seco y el agua filtrado acumulado en el tanque de concreto de AF.



MANUAL DE CONTROL FILTRO PRENSA LODOS MINA



SECUENCIA DE FILTRADO

La secuencia de filtrado consta de 12 etapas en sus modos de control semiautomático y automático, estas se ejecutan de forma secuencial.

ETAPA 1 – CIERRE DE FILTRO Y PRESURIZADO

Para el cierre de filtro se activará primero el motor de la unidad hidráulica 1, luego la válvula de cierre de filtrado/presurizado. Una vez nos indique en pantalla que el filtrado está cerrado, esto ocurre cuando el Presostato nos indica una presión de 250 BAR.

ETAPA 2 – ALIMENTACIÓN DE FILTRO

Se debe de abrir las válvulas 2,3,7,8 14A/14B y seguidamente se activará la bomba de alimentación en función de alimentar, para la confirmación de ejecución de alimentación, se da por tiempos o por presiones según lo que indique primero.

ALARMA FIN DE ALIMENTACIÓN

ETAPA 3 – PRESURIZADO DE MEMBRANAS (MODO MANUAL)

La válvula 11 se abre de forma manual para el ingreso para el ingreso de aire presurizado hacia las placas tipo membrana y la válvula 12 se cierra de forma manual para evitar que el aire salga a la atmosfera.

Nota 1: se debe de asegurar que el filtro se encuentre lleno para evitar roturas de placas.

Nota 2: nunca se debe de abrir las placas membranas presurizados, estas pueden llegar a dañarse seriamente.

ETAPA 4 – DESPRESURIZADOS DE FILTRO Y PREAPERTURA

Se activa el motor hidráulico 1, para la despresurización del filtro se acciona la bombilla de despresurizado, con lo cual la presión del pistón principal debe caer cerca de 0 BAR, con esto se evita golpes al momento de abrir la placa móvil, una vez perdemos presión en el pistón principal se activa la válvula de apertura de filtro por un tiempo muy corto para permitir que las placas puedan liberarse y dejar caer resto de agua que puedan haber quedado atrapadas.

ETAPA 5 – APERTURA DE COMPUERTAS

Se abre la compuerta 2 activando el motor hidráulico 2, y la bobina de apertura de compuertas una vez confirmada la apertura el motor hidráulico 2 y la bobina se apagan por la confirmación del sensor de apertura de compuerta.

ETAPA 6 – APERTURA DE FILTRO / PLACA MÓVIL

Se activa el motor de la bomba hidráulica 1, luego la válvula de abrir filtro, esta confirma a través de un limit switch, el cual indica el fin de desplazamiento y se des-energizan el motor hidráulico 1 y la bobina de apertura de filtro.

Junto con esta etapa se activa la faja transportadora.

ETAPA 7 – DESCARGA DE FILTRO (MODO MANUAL)

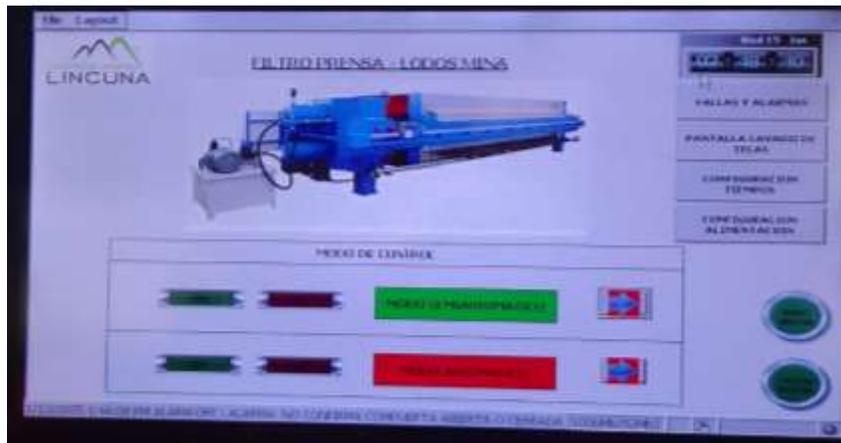
Con la ayuda del mando manual activamos primero el motorreductor eléctrico, en dirección de giro hacia placa válvula hasta topar con la primera placa a trasladar, una vez enganchada la placa damos reversa al giro del motorreductor con el mismo mando manual, hasta dejar la placa trasladada pegada a la placa móvil, y así continuamos con el resto de placas a descargar.

ETAPA 8 – CIERRE DE COMPUERTAS

Se cierra la compuerta activando el motor hidráulico 2, y activando el solenoide de cierre compuerta y con esto las compuertas se desplazarán cerrando las hojas de compuerta hasta llegar al sensor inductivo de cierre compuerta deteniendo el avance de compuerta y apagando el motor y las bobinas activadas.

Una vez confirmado el cierre de compuertas, se detendrá también la faja transportadora

PANTALLA PRINCIPAL (MAIN MENU)



DESCRIPCIÓN

En la pantalla se puede apreciar los modos de control con que cuenta el filtro como son control Manual, control semiautomático y automático, y a la vez en la misma pantalla existen accesos para la configuración de trabajo del filtro prensa, visualización de alarmas y fallas.

| | |
|---|---|
| BOMBA ALIMENTACIÓN 1 ACTIVA | En la pantalla se visualizará en modo intermitente la bomba de alimentación seleccionada, para cambiar la bomba debemos dirigirnos hacia la pantalla de configuración tiempos y seleccionar la bomba con la que deseamos trabajar. |
| BOMBA ALIMENTACIÓN 2 ACTIVA | |
| FALLAS Y ALARMAS | Al presionar sobre este botón, abrirá la pantalla de fallas y alarmas. |
| PANTALLA LAVADO DE TELAS | Al presionar sobre este botón, abrirá la pantalla para el control de |
| CONFIGURACIÓN DE ALIMENTACIÓN | Al presionar sobre este botón, abrirá la pantalla de configuración de rampas tiempos y presiones de alimentación |
| CONFIGURACIÓN TIEMPOS | Al presionar sobre este botón, abrirá la pantalla de configuración de bomba de alimentación con la que vamos a trabajar, también podemos configurar el tiempo de despresurizado de pistón principal. |
|  | Botón que detiene el sonido de la alarma por termino de alimentación |



Botón para probar que la alarma se encuentra operativa.

MODOS DE OPERACIÓN FILTRO PRENSA

1. MODO MANUAL -

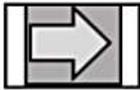
Modo de operación, en el cual se puede accionar los elementos como válvulas, motores de manera independiente, para el acceso a este modo de control se detalla líneas abajo.

ON

Al presionar este botón habilitamos el modo de control manual, una vez seleccionado no podremos seleccionar otro tipo de control hasta deshabilitar este con el botón OFF.

OFF

Al presionar este botón deshabilitamos en modo de control anteriormente seleccionado, y dejamos habilitada la opción de seleccionar otro tipo de control.



Al presionar este botón, podemos ingresar a las pantallas de control manual

NOTA. – este modo de control **NO** debe de ser desarrollada para realizar el ciclo de filtrado. Este modo de control está dirigido Solo al personal autorizado y de Mantenimiento debidamente capacitado, ya que con este modo de control se puede accionar elementos de manera independiente, los cuales si son accionados sin previo conocimiento pueden causar daños en los equipos v/ de personas.

1.1. PANTALLA MANUAL 1



Al ingresar a está pantalla, una vez activado el modo de control Manual presionamos el botón.

En está pantalla podemos manipular específicamente el control de los elementos de la unidad hidráulica, a continuación, se explica la activación de estas.

- ON** Al presionar este botón abrimos la válvula
- OFF** Al presionar este botón cerramos la válvula que fue activada.
- V. ABRE FILTRO** Indica que la válvula se encuentra abierta
- VI. CERRADO** Indique que la válvula se encuentra cerrada.

Botones de Navegación: En la parte superior derecha se encuentra los siguientes botones



Regresa al menú principal

NOTA: El botón con el símbolo de casa, se encuentra en todas las pantallas y al pulsar este botón retornara a la pantalla menú principal.

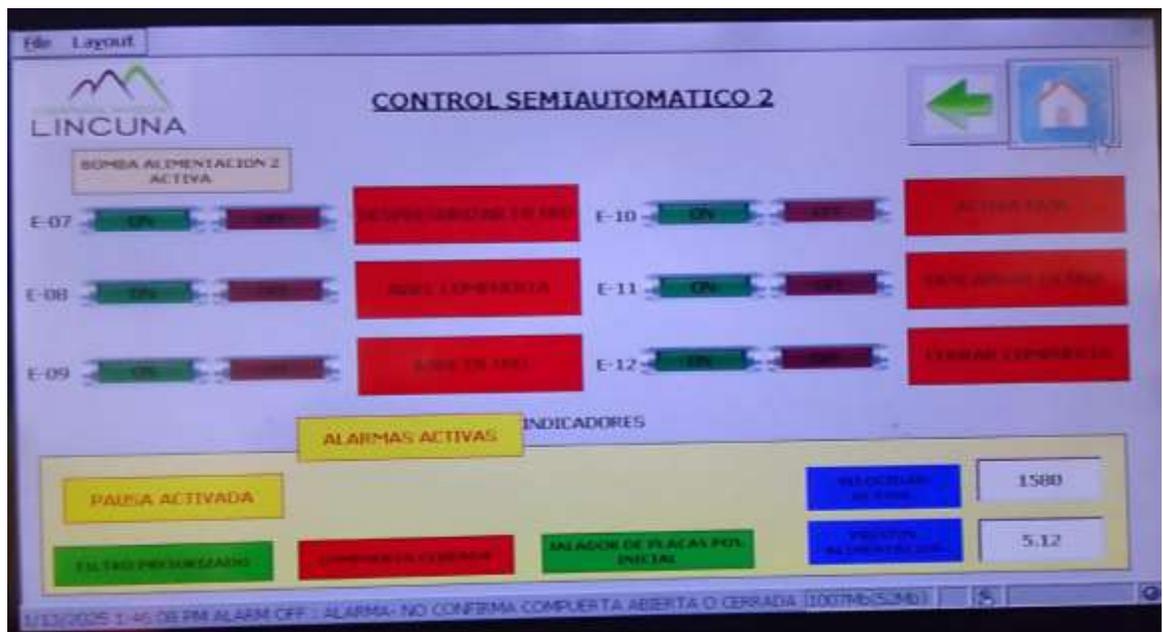
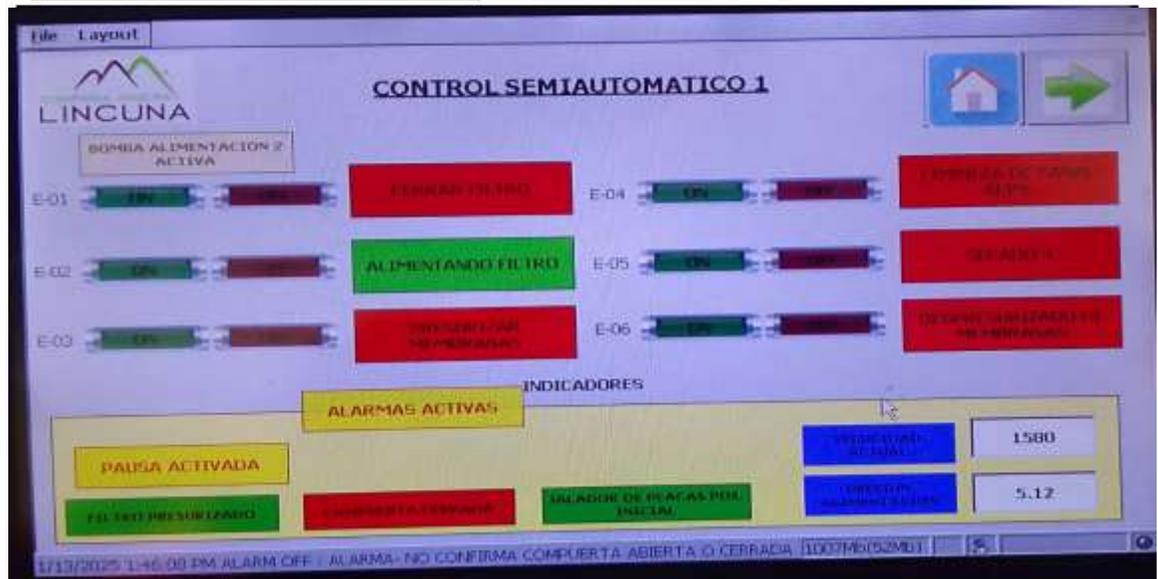
2. MODO SEMIAUTOMATICO. –

Para ingresar a este modo de control semiautomático retornamos al menú principal con los botones de navegación, y a continuación deshabilitaremos el modo de control anterior y habilitado el modo de control según la siguiente indicación.

- ON** Al presionar este botón habilitamos el modo de control Semiautomático.
- OFF** Al presionar este botón de deshabilitamos el modo de control semiautomático
-  Al presionar este botón podemos ingresar a las pantallas en semiautomático.

NOTA. – este tipo de control debe de ser manipulad cuando el equipo tuvo un paro inesperado, por alguna falla durante el ciclo de funcionamiento de Automático, con este modo de control podemos completar el ciclo, siempre teniendo en cuenta donde ocurrió el paro, y continuar a partir de este para completar el ciclo de filtración.

2.1. PANTALLA SEMIAUTOMÁTICA 1



En esta pantalla podemos observar que las etapas van desde Etapa E1 hasta Etapa E10, también se visualizan las confirmaciones como, Filtro Abierto/ Cerrado (F. P CERRADO/ABIERTO), Compuerta Abierta/Cerrada(COMPUERTAC/A), jalador de placas posición inicial.

3. MODO AUTOMATICO . -

Para ingresar a este modo de control Automático retornamos al menú principal con los botones de navegación, y a continuación deshabilitamos el modo de control anterior y habilitando el modo de control según la siguiente indicación.

ON

Al presionar este botón habilitamos el modo de control automático.

OFF

Al presionar este botón de deshabilitamos el modo de control Automático



Al presionar este botón podemos ingresar a las pantallas en Automático

NOTA. - Para iniciar este tipo de control el filtro se debe encontrarse en posición filtro abierta, compuerta cerrada y con un nivel adecuado para la filtración y evitar paros por falta de carga, evitar también la posible cavitación de la bomba, no debe existir ninguna alarma o falla activa.

3.1. PANTALLA AUTOMATICO 1



Descripción de la pantalla:



Con este botón iniciamos la primera y segunda etapa de filtrado



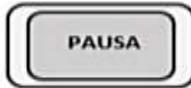
Con este botón pausamos el ciclo en la etapa que se encuentre, y volviéndolo a pulsar reanudamos el ciclo.



Con este botón detenemos la alarma de fin de alimentación



Con este botón continuamos las etapas restantes que son despresuriza filtro, abre compuerta, activa faja, abre filtro, espera la descarga del filtro, cierra compuerta apaga la faja, y el filtro queda en posición para un nuevo ciclo.

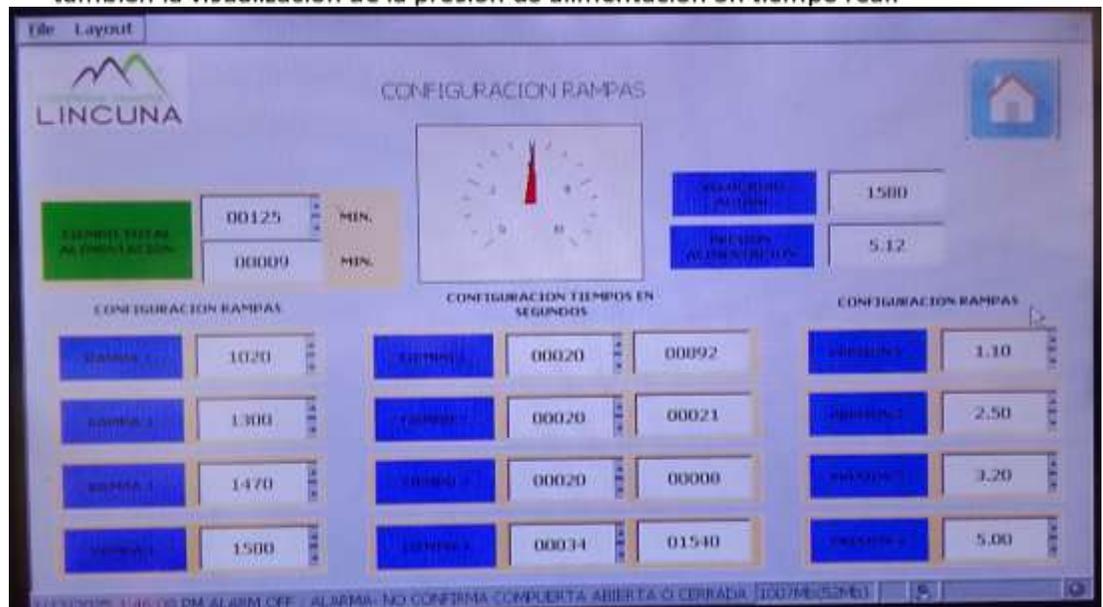


Con este botón pausamos el ciclo en la etapa que se encuentre, y volviéndolo a pulsar reanudamos el ciclo.

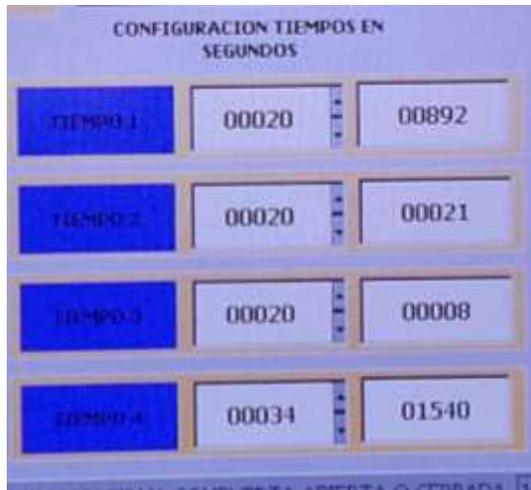
4. CONFIGURACIÓN PARA EL CICLO EN AUTOMÁTICO DEL FILTRO PRENSA

4.1. CONFIGURACIÓN DE RAMPAS

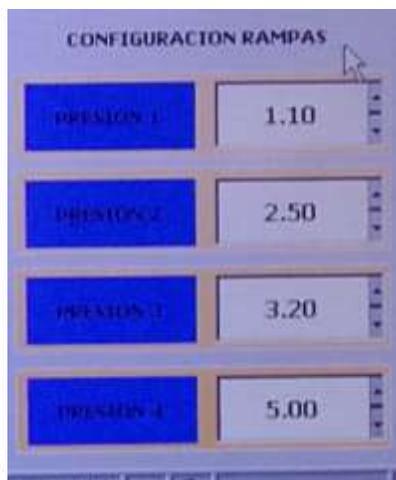
La siguiente ventana muestra la configuración de la bomba de alimentación, así como también la visualización de la presión de alimentación en tiempo real.



En esta ventana podemos configurar las velocidades de las rampas del motor de alimentación teniendo siempre en cuenta que la velocidad máxima del motor es de 1760RPM.

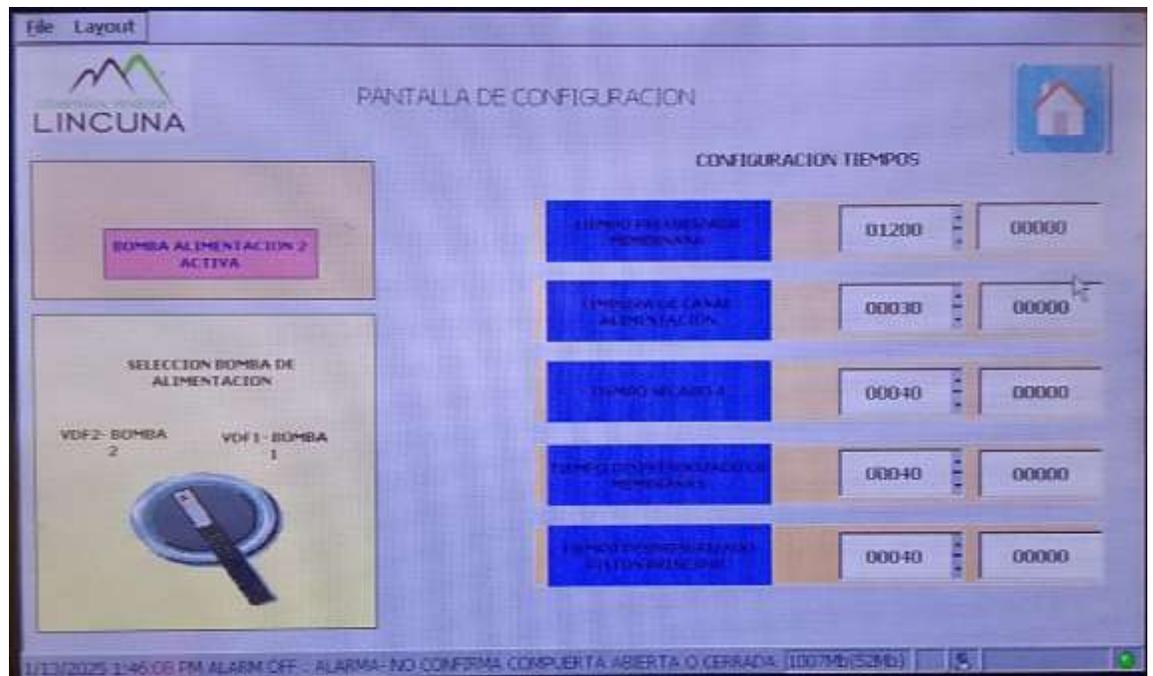


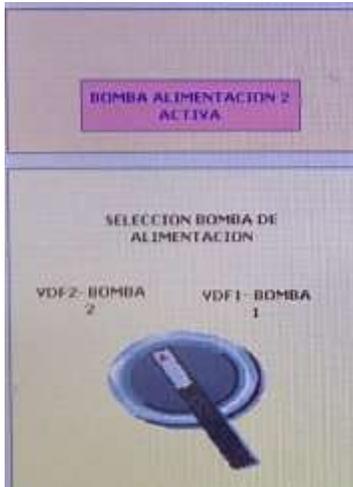
En esta ventana escribimos los tiempos en los que deseamos se haga el cambio de rampas, como se mencionó anteriormente el cambio de rampa se da por presión o por tiempo.



En esta ventana podemos escribir las Presiones, para el cambio de rampas por presión de alimentación

4.2. CONFIGURACIÓN DE BOMBA Y TIEMPO DESPRESURIZADO





En esta opción seleccionamos la bomba con la que vamos a alimentar el filtro, presión óptima de trabajo a tener en cuenta: Bomba 1 – 1670 RPM y Bomba 2 – 1590 RPM.

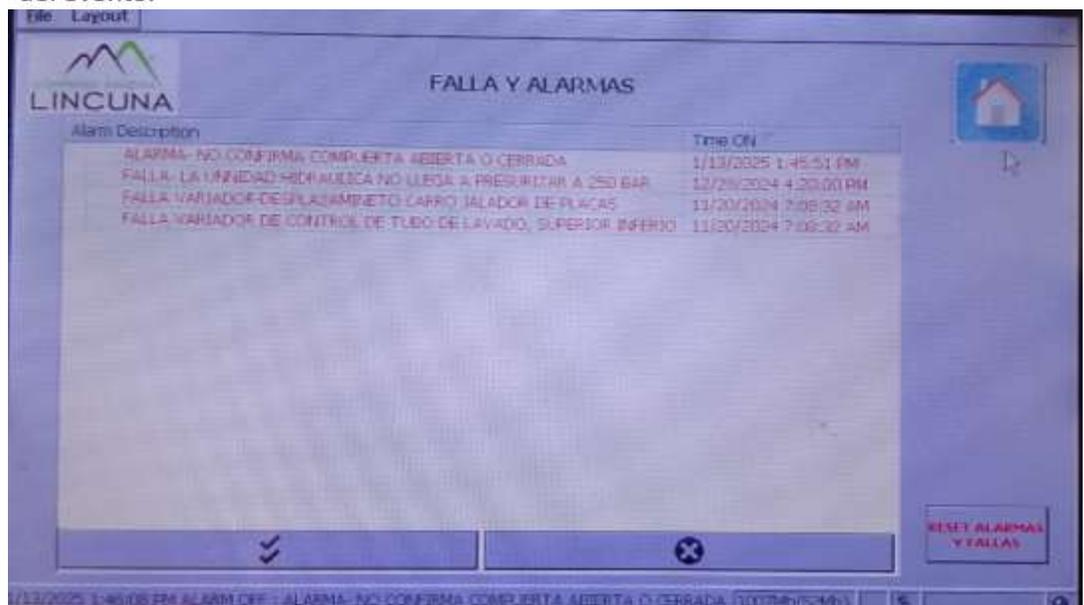


En esta opción podremos visualizar el tiempo seteado y podremos incrementarlo o disminuirlo según veamos la caída de presión de pistón principal, en la etapa de despresurizado de filtro.

5. HISTORIA DE ALARMAS Y FALLAS:

5.1. HISTORIAL DE ALARMAS Y FALLAS

En esta pantalla se registran alarmas y fallas, indicando la fecha y hora y descripción de del evento.



Una vez corregida la alarma o falla debemos presionar el botón Reset Alarmas y Fallas.

6. MENSAJES EN LAS PANTALLAS DEL PANEL DE OPERADOR

FIN DE ALIMENTACIÓN

Mensaje que indica fin de alimentación, este se visualiza cuando termina la etapa de alimentación al filtro, una vez terminada la etapa de alimentación sonara la alarma.

ALARMAS ACTIVAS

Este aviso aparecerá cuando el equipo presenta una Alarma, para conocer cuál es la Alarma Presionar sobre este aviso y le enviara a la pantalla de Alarmas.

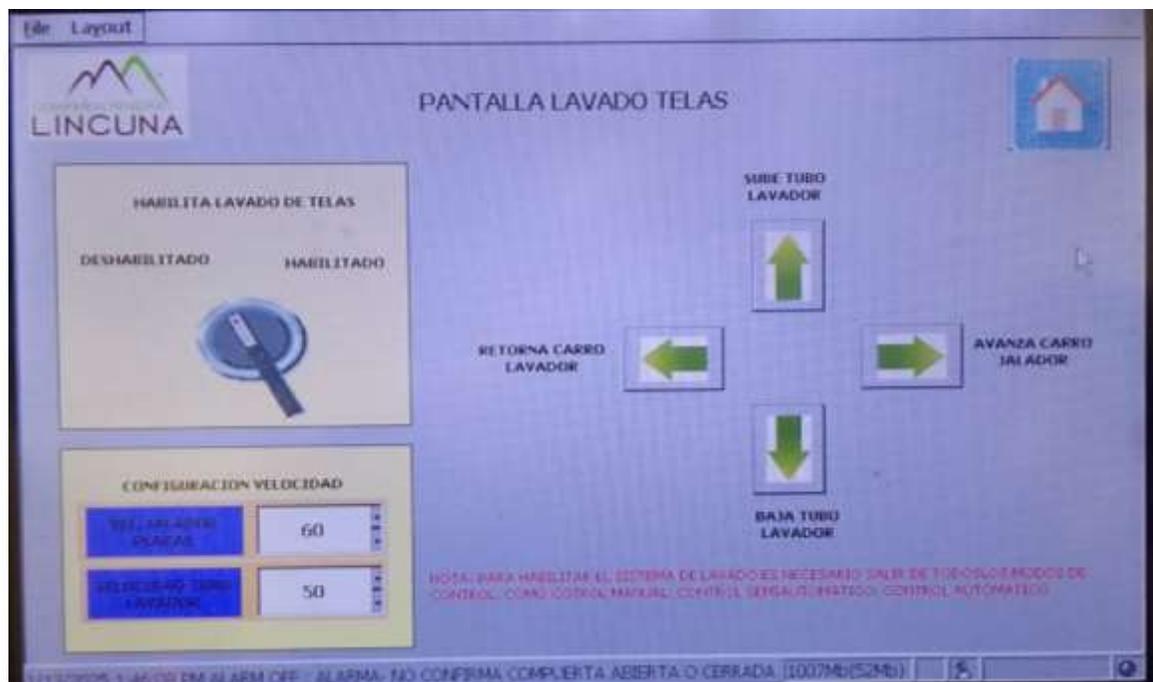
FALLAS ACTIVAS

Este aviso aparecerá cuando el equipo representa una Falla, para conocer cuál es la Falla dirigirse a la pantalla de fallas y alarmas.

PARADA DE EMERGENCIA ACTIVA

Este aviso únicamente aparecerá cuando el botón de parada de emergencia este activo, una vez desenclavado el botón, el mensaje debe desaparecer, mientras la parada de emergencia este activa el filtro prensa se encontrará bloquea.

7. PANTALLA DE LAVADOS DE TELAS



ANEXO N° 22: Ficha de registro de datos de campo de la medición de los parámetros fisicoquímicos y volumen del lodo usado durante las pruebas de tratamiento del agua ácida de mina en la PTAAM.

REPORTE DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA (PTAAM) CON LODO BÁSICO

COMPAÑÍA MINERA LINGUNA

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 7.60 D= 1040 kg/m ³ + 5. bombeo 2 veces | 11-05-25 | DI |
| Consumo | 50 | 50000 | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | No se bombeo lodo (observación Tubería) | 11/05/25 | NOCHE |
| Consumo | | | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 7.50 D= 1040 kg/m ³ + 5. bombeo 1 vez | 12-05-25 | DI |
| Consumo | 25 | 25000 | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|-------------------|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | No se bombeo lodo | 12/05/25 | NOCHE |
| Consumo | | | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 7.37 D= 1040 kg/m ³ + 5. bombeo 3 veces | 13-05-25 | DI |
| Consumo | 65 | 65000 | | | |
| Final | 1.0 | 10000 | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|-------------------|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | No se bombeo lodo | 13/05/25 | NOCHE |
| Consumo | | | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 7.39 D= 1040 kg/m ³ + 5. bombeo 3 veces | 14-05-25 | DI |
| Consumo | 65 | 65000 | | | |
| Final | 1.00 | 10000 | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|-------------------|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | No se bombeo lodo | 14/05/25 | NOCHE |
| Consumo | | | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 7.34 D= 1040 kg/m ³ + 5. bombeo 4 veces | 15-05-25 | DI |
| Consumo | 75 | 75000 | | | |
| Final | 2.50 | 25000 | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|-------------------|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | No se bombeo lodo | 15/05/25 | NOCHE |
| Consumo | | | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|--|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 8.62 D= 1000 kg/m ³ Se bombeo 1 vez | 16/05/25 | DI |
| Consumo | 2.50 | 25000 | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|--|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 8.96 D= 1000 kg/m ³ Se bombeo 2 veces | 16/05/25 | NOCHE |
| Consumo | 2.50 | 25000 | | | |
| Final | 7.50 | 75000 | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|--|----------|----|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 8.04 D= 1040 kg/m ³ Se bombeo 1 vez | 17-05-25 | DI |
| Consumo | 2.10 | 21000 | | | |
| Final | 2.10 | 21000 | | | |
| OPERADOR: <i>Carolina Urbina</i> | | | | | |

| CONSUMO DE LODO BÁSICO | | | | | |
|---------------------------------|------------|------------|--|----------|-------|
| Guarda | TK-1 | | OBSERVACIONES | FECHA | |
| | Altura (m) | Litros (L) | | | |
| Inicio | | | pH= 6.90 D= 1040 kg/m ³ Se bombeo 1 vez | 17/05/25 | NOCHE |
| Consumo | 2.30 | 23000 | | | |
| Final | | | | | |
| OPERADOR: <i>Alexander Luna</i> | | | | | |

ANEXO N° 23, Cuadro de datos estadísticos del consumo de cal en el año 2023 en la PTAAM, según el caudal (L/s) y pH de ingreso del agua ácida de mina.

| CAUDAL (L/s) | | CONSUMO DE CAL (Kg) | pH MIN | pH MAX | CONSUMO POR GUARDIA (Kg) |
|--------------|-------|---------------------|--------|--------|--------------------------|
| MIN | MAX | | | | |
| 10.02 | - | 432.00 | 7.12 | - | 216.00 |
| 11.60 | - | 400.00 | 5.01 | - | 200.00 |
| 12.59 | 12.75 | 1213.33 | 3.38 | 3.82 | 605.67 |
| 13.17 | 13.64 | 1192.00 | 3.38 | 4.87 | 596.00 |
| 14.08 | 14.91 | 601.72 | 3.7 | 7.07 | 300.86 |
| 15.00 | 15.97 | 688.99 | 3.53 | 5.6 | 344.49 |
| 16.02 | 16.92 | 1083.00 | 3.33 | 6.82 | 541.50 |
| 17.00 | 17.87 | 1207.00 | 3.41 | 6.57 | 603.50 |
| 18.23 | 18.96 | 1155.14 | 3.52 | 6.95 | 577.57 |
| 19.13 | 19.97 | 1198.75 | 3.34 | 7.29 | 599.38 |
| 20.05 | 20.99 | 1380.29 | 3.21 | 6.8 | 690.14 |
| 21.02 | 21.97 | 1339.45 | 3.18 | 7.44 | 669.73 |
| 22.03 | 22.97 | 1635.12 | 3.28 | 7.44 | 817.56 |
| 23.02 | 23.97 | 1655.24 | 3.2 | 7.37 | 827.62 |
| 24.02 | 24.98 | 1518.54 | 3.35 | 7.22 | 759.27 |
| 25.02 | 25.99 | 1668.77 | 2.96 | 7.44 | 834.39 |
| 26.03 | 26.98 | 1944.53 | 3.22 | 6.89 | 972.27 |
| 27.05 | 27.98 | 1871.09 | 3.13 | 7.15 | 935.54 |
| 28.09 | 28.88 | 2216.29 | 3.21 | 7.24 | 1108.15 |
| 29.00 | 29.92 | 2481.77 | 3.09 | 7.12 | 1240.89 |
| 30.00 | 30.98 | 2742.54 | 2.94 | 7.04 | 1371.27 |
| 31.09 | 31.98 | 2848.24 | 3.24 | 7.05 | 1424.12 |
| 32.12 | 32.94 | 3107.14 | 3.28 | 7.27 | 1553.57 |
| 33.07 | 33.94 | 3427.43 | 3.26 | 5.9 | 1713.71 |
| 34.01 | 34.98 | 4128.18 | 3.33 | 5.74 | 2064.09 |
| 35.01 | 35.93 | 3975.14 | 3.27 | 5.93 | 1987.57 |
| 36.04 | 36.98 | 4347.23 | 3.31 | 6.33 | 2173.61 |
| 37.04 | 37.99 | 4082.84 | 3.26 | 6.16 | 2041.42 |
| 38.03 | 38.96 | 4583.94 | 3.14 | 5.64 | 2291.97 |
| 39.09 | 39.97 | 4225.69 | 4.66 | 6.29 | 2112.85 |
| 40.06 | 40.99 | 4926.61 | 3.33 | 5.96 | 2463.31 |
| 41.12 | 41.91 | 5263.70 | 4.88 | 6.21 | 2631.85 |
| 42.06 | 42.89 | 5268.56 | 4.75 | 5.82 | 2634.28 |
| 43.04 | 43.97 | 4970.10 | 3.31 | 5.79 | 2485.05 |
| 44.75 | 44.79 | 4611.35 | 3.31 | 5.91 | 2305.67 |
| 46.60 | 46.86 | 6332.37 | 4.92 | 5.4 | 3166.19 |
| 47.21 | - | 8020.38 | 4.96 | - | 4010.19 |
| 48.89 | - | 5622.52 | 5.28 | - | 2811.26 |
| 49.18 | - | 8075.68 | 4.87 | - | 4037.84 |
| 50.20 | - | 8014.46 | 4.88 | - | 4007.23 |
| 51.05 | - | 9960.00 | 4.95 | - | 4980.00 |

ANEXO N° 24, Resultados obtenidos del análisis de metales pesados desarrollado en el laboratorio de la planta de beneficio a cargo de la empresa especializada Tecnomin Data SAC.



LABORATORIO DE PLANTA DE BENEFICIO -
PROYECTO HUANCAPETÍ

REPORTE DE ENSAYO DE MUESTRA
N° 064 – 2024

Área: Medio Ambiente.

Descripción: Análisis de muestra.

Muestra 1: CAS – 03, Muestra de agua ácida de mina.

Muestra 2: PW – SR – 20, Muestra de agua tratada.

| CODIGO | Cu ppm | Pb ppm | Zn ppm | Fe ppm | As ppm |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CAS-03 | 2.423 | 13.60 | 27.690 | 8.97 | 1.502 |
| PW-SR-20 | 0.045 | 0.196 | 2.690 | 1.691 | 0.098 |

Atte, Stefani Cabrera.

ANEXO N° 26, Equipos eléctricos de la PTAAM.

**MASTER DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS - PTAAM
CAPACIDAD DE 60 L/S**

| ITEM | NUMERO DE EQUIPO | TAG | CANT. | DESCRIPCIÓN | POTENCIA ESTIMADA (hp) | DIMENSIONES / CAPACIDAD | OBSERVACIONES |
|---------------------------------------|------------------|-----|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|---|
| E-01 PREPARACIÓN DE CAL | | | | | | | |
| 1 | E-01 | TV | 001 | E-01-TV-001 | 1 | 12 M3 | Acumulador de cal |
| 2 | E-01 | FT | 001 | E-01-FT-001 | 1 | 24MT x 20" | Alimentacion de cal al chute de distribución |
| 3 | E-01 | MR | 001 | E-01-MR-001 | 1 | 1500 RPM | Motorreductor para alimentar cal |
| 4 | E-01 | CH | 001 | E-01-CH-001 | 1 | 1.50MT x 0.80MT | Mezcla la cal y agua |
| 5 | E-01 | TK | 001/002 | E-01-TK-001/002 | 2 | 25 M3 | Acumuladores de lechada de cal para la preparación y dosificación |
| 6 | E-01 | AG | 001/002 | E-01-AG-001/002 | 2 | 127 RPM | Agitador de eje propulsor de 4" con 2 hélices de 48" de diámetro con 4 alavés |
| 7 | E-01 | ME | 001/002 | E-01-ME-001/002 | 2 | 1190 RPM | Motor eléctrico - chino |
| 8 | E-01 | BE | 001 | E-01-BE-001 | 1 | 18 L/S | Bombeo para dosificar y recircular lechada |
| 9 | E-01 | ME | 003 | E-01-ME-003 | 1 | 1750 RPM | Motor eléctrico para bombeo de lechada |
| E-02 PREPARACIÓN DE FLOCULANTE | | | | | | | |
| 10 | E-02 | AG | 001/002 | E-02-AG-001/002 | 2 | 60 RPM | Agitador de eje propulsor de 4" con 2 hélices de 60" de diámetro con 4 alavés |
| 11 | E-02 | ME | 001/002 | E-02-ME-001/002 | 2 | 1750 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 12 | E-02 | TK | 001/002 | E-02-TK-001/002 | 2 | 25 M3 | Acumuladores de lechada de cal para la preparación y dosificación |
| 13 | E-02 | BE | 001/002 | E-02-BE-001/002 | 2 | 7 L/S | Bombeo para dosificar y recircular Floculante |
| 14 | E-02 | ME | 003/004 | E-02-ME-003/004 | 2 | 1750 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| E-03 SISTEMA DE AIRACIÓN | | | | | | | |
| 15 | E-03 | SP | 001/002 | E-03-SP-001/002 | 2 | 7 PSI | Ares blower urai- 56 - howden roots |
| 16 | E-03 | ME | 001/002 | E-03-ME-001/002 | 2 | 3540 RPM | Motor eléctrico para generar aire |
| 17 | E-03 | CM | 001 | E-03-CM-001 | 1 | 3450 RPM | Compressor duty motor chambel haussfeld |
| E-04 NEUTRALIZACIÓN DE AGUA | | | | | | | |
| 18 | E-04 | TK | 001/002/003 | E-04-TK-001/002/003 | 3 | 34 M3 | Acumuladores para la neutralización del agua |
| 19 | E-04 | ME | 001/002 | E-04-ME-001/002 | 2 | 1190 RPM | Motor eléctrico - chino |
| 20 | E-04 | MR | 001 | E-04-MR-001 | 1 | 1765 RPM | Motor eléctrico para agitar el agua acida |
| 21 | E-04 | AG | 001/002/003 | E-04-AG-001/002/003 | 3 | 90 RPM | Agitador de eje propulsor de 4" con 2 hélices de 48" de diámetro con 4 alavés |
| E-05 OXIDACIÓN DE AGUA | | | | | | | |
| 22 | E-05 | TK | 001/002/003 | E-05-TK-001/002/003 | 3 | 34 M3 | Acumuladores para oxigenar del agua |
| 23 | E-05 | AM | 001/002/003 | E-05-AM-001/002/003 | 3 | 90 | Agitador de eje propulsor de 4" con 2 hélices de 48" de diámetro con 4 alavés |
| 24 | E-05 | ME | 001/002/003 | E-05-ME-001/002/003 | 3 | 882 RPM | Motor eléctrico - chino |
| E-06 SEDIMENTACIÓN | | | | | | | |
| 25 | E-06 | BV | 001 | E-06-BV-001 | 1 | 16 L/S | Bomba vertical de 2 1/2" x 36" - ESP/ASA |
| 26 | E-06 | ME | 001 | E-06-ME-001 | 1 | 1750 RPM | Motor eléctrico - SIEMENS |
| 27 | E-06 | BS | 001 | E-06-BS-001 | 1 | 240 M3/H | Bomba dragadora 100zq |
| 28 | E-06 | BE | 002/003/004 | E-06-BE-002/003/004 | 3 | 135 M3/h | Bomba estacionaria 80z- A42 - jr/180096-98 /100z- A42 |
| 29 | E-06 | ME | 002/003/004 | E-06-ME-002/003/004 | 3 | 135 M3/h | Motor eléctrico - chino |
| 30 | E-06 | BS | 002 | E-06-BS-002 | 1 | 15 L/S | Bomba sumergible de lodos |
| 31 | E-06 | BS | 003 | E-06-BS-003 | 1 | 32 L/S | Bomba sumergible - GRIDEX MASTER H |
| E-07 BOMBEO AGUAS ACIDAS | | | | | | | |
| 32 | E-07 | BH | 001/002 | E-07-BH-001/002 | 2 | 8 L/S | Bomba hidrostal 40 - 200 |
| 33 | E-07 | ME | 001/002 | E-07-ME-001/002 | 2 | 3535 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 34 | E-07 | BH | 001 | E-07-BH-001 | 1 | 6 L/S | Bomba centrifuga - chino IS125-100-400 |
| 35 | E-07 | ME | 003 | E-07-ME-003 | 1 | 1764 | Motor eléctrico - chino |
| E-08 BOMBEO AGUA FILTRADA | | | | | | | |
| 36 | E-08 | BH | 001/002 | E-08-BH-001/002 | 2 | 22 L/S | Bomba hidrostal 65 - 200 |
| 37 | E-08 | ME | 001/002 | E-08-ME-001/002 | 2 | 3560 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 38 | E-08 | BS | 001 | E-08-BS-001 | 1 | 3600 RPM | Bomba sumergible - APEX |
| E-09 FILTRADO DE LODO | | | | | | | |
| 39 | E-09 | TK | 001 | E-09-TK-001 | 1 | 40 M3 | Acumulador de lodo |
| 40 | E-09 | AG | 001 | E-09-AG-001 | 1 | 127 RPM | Agitador de eje propulsor de 4" con 2 hélices de 60" de diámetro con 3 alavés |
| 41 | E-09 | MR | 001 | E-09-MR-001 | 1 | 1750 RPM | Reductor cyclo drive |
| 42 | E-09 | ME | 001 | E-09-ME-001 | 1 | 1750 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 43 | E-09 | BE | 001/002 | E-09-BE-001/002 | 2 | 40 L/S | Bomba centrifuga 6x4 |
| 44 | E-09 | ME | 002/003 | E-09-ME-002/003 | 2 | 1775 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 45 | E-09 | BE | 001/002 | E-09-BE-001/002 | 2 | 32 L/S | Bomba IS125-100-400A |
| 46 | E-09 | ME | 004/005 | E-09-ME-004/005 | 2 | 1775 RPM | Motor eléctrico - WEG |
| 47 | E-09 | CM | 001 | E-09-CM-001 | 1 | 3535 RPM | Compressor de aire jaguar EAS50 |
| 48 | E-01 | FT | 001 | E-01-FT-001 | 1 | 40MT x 47" | Transportar lodo prensado |
| 49 | E-01 | MR | 001 | E-01-MR-001 | 1 | 1750 RPM | Descarga de lodos |
| 50 | E-09 | FP | 001 | E-09-FP-001 | 1 | 11500x1500x123 | Filtro prensa |
| 51 | E-09 | TA | 001 | E-09-TA-001 | 1 | 12 BAR | Pulmón de aire |
| 52 | E-09 | VP | 001/002/003/004/005 | E-09-VP-001/002/003/004/005 | 5 | 8 Bar /16 Psi | Válvula pinch VPAO.ID |
| 53 | E-09 | EV | 001/002/003/004/005 | E-09-EV-001/002/003/004/005 | 5 | 1 Mpa | FESTO- DSBG-160-100PPVA |
| E-10 SISTEMA HIDRÁULICO | | | | | | | |
| 54 | E-10 | BH | 001 | E-10-BH-001 | 1 | | Bomba hidráulico - 63YCY14 - 1B - CHINO (Pistón hidráulico) |
| 55 | E-10 | ME | 001 | E-10-ME-001 | 1 | 1440 RPM | Motor eléctrico - CHINO |
| 56 | E-10 | BH | 002 | E-10-BH-002 | 1 | | Bomba hidráulico - CHINO (Compuerta) |
| 57 | E-10 | ME | 002 | E-10-ME-002 | 1 | 1400 RPM | Motor eléctrico - CHINO |
| 58 | E-10 | BH | 003 | E-10-BH-003 | 1 | | Bomba hidráulico del carrito transportador de placas |
| 59 | E-10 | ME | 003 | E-10-ME-003 | 1 | 1400 RPM | Motor eléctrico - CHINO |
| E-11 ALUMBRADO | | | | | | | |
| 60 | E-11 | AL | 001 | E-11-AL-001 | 15 | | Alumbrado PTAAM-FILTRO-PTARD |
| 61 | E-11 | CC | 001/002 | E-11-CC-001/002 | 2 | | Control de PTAAM FILTRO PRENSA |
| 62 | E-11 | CN | 001 | E-11-CN-001 | 1 | | Centro de control de las electroválvulas |
| 63 | E-11 | TE | 001 | E-11-TE-001 | 1 | | Teclé eléctrico de 3 TN |