

7.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

DIAGNÓSTICO DEL AFUENTE Y ORIGEN DE LOS EFLUENTES MEDIANTE UNA VISITA DE CAMPO

Durante la visita de campo a la zona de operaciones de la unidad minera Santa Elena se realizó un diagnóstico para poder determinar cuáles son las fuentes de aportación y origen de los efluentes de mina.

Durante la visita se pudo evidenciar el ingreso directo de aguas proveniente de la precipitación y escorrentía debido a que no se ha realizado el cierre adecuado de pasivos ambientales, componentes o estructuras de trabajos superficiales anteriores, como chimeneas, o la Veta Española y Veta 12 de mayo, que han sido minadas anteriormente y en la superficie tienen las características de gigantescas calicatas. Produciendo de esta forma la oxidación química y biológica de sulfuros metálicos, especialmente pirita, que forma parte de la composición química del manto rocoso.

El otro factor identificado, fue el fuerte fracturamiento del yacimiento, la naturaleza de la roca y por el control estructural existente. Las características litológicas, estructurales, mineralógicas y de alteración de las vetas y a la configuración geológica del área que describe una zona de caldera volcánica de forma elíptica, presentando tres sistemas predominantes:

1er

sistema:

Estructuras con una dirección NE que buzcan al SE, y al NW principalmente, se presentan en mayor cantidad.

2do

sistema:

Estructuras arqueadas de dirección predominante al NE, con inclinación dominante al NW, constituyen fallas que cortaron y desplazaron las fallas del 1er sistema. Este arqueamiento de las estructuras de este sistema puede deberse a dos razones: asentamiento constituido por flujos volcánicos y aun ascenso de un cuerpo ígneo

desde las profundidades hacia la superficie, con la consiguiente formación de fallas arqueadas a manera de círculos que rodean a este cuerpo ígneo que asciende.

3er

sistema:

Con dirección dominante norte-sur, se presentan en poca cantidad. Estas estructuras se formaron después de las anteriores y no causan desplazamientos.

Todas estas litologías a su vez, están afectadas por un sistema de fallamientos regionales mayores y menores asociados a la mineralización del corredor Bethania - Corihuarmi, con rumbo andino de N 55°-60° al W y fallamientos de transferencia generando zonas de alta permeabilidad y fracturamiento intenso.

ALTERNATIVAS DE MINIMIZACION DE CAUDAL Y OPTIMIZACION DEL TRATAMIENTO A PROPONER

En el presente capítulo se muestran técnicas correctivas y preventivas a considerarse para el funcionamiento óptimo del sistema de tratamiento de Efluentes Industriales de la Unidad Minera Santa Elena.

Implementación de cubiertas impermeables y sellos

Durante la visita de campo se observaron cárcavas profundas que existen como consecuencia de la explotación superficial del afloramiento de las vetas (Ver Foto 1) y bocaminas que no fueron clausuradas oportunamente (Ver Foto 2). Estas zanjas se han desmoronado y los lados están fallando generando drenaje ácido proveniente de las paredes. Para lo cual se pueden colocar cubiertas y sellos en el área superficial afectada, éstos para restringir el acceso de oxígeno y agua y, así, inhibirla generación de ácido.

Para limitar la entrada de oxígeno o agua, la cubierta deberá tener muy baja permeabilidad a estos elementos y no tener agujeros o imperfecciones a través de los cuales puedan ingresar. Considerar que se deben localizar áreas cercanas que puedan aportar materiales litológicos de recubrimiento de las calidades requeridas (Materiales de baja permeabilidad y no reactivos). La clausura de las zanjas abiertas comprenden las siguientes actividades:

Relleno de las aberturas con bancos de gran diámetro.

Luego se complementa con cascajo.

Se cubre con material impermeable (arcilla) y se compacta.

Finalmente se cubre con topsoil del lugar.

Como se aprecia en la Foto 3. También se evidenciaron Chimeneas que forman parte del desarrollo de la producción, sin embargo no cuentan con la protección adecuada, generando problemas de infiltración de agua provenientes de escorrentías superficiales y precipitaciones. Ante tal factor es necesario la construcción del techado adecuado y canales de coronación para evitar el ingreso de aguas pluviales naturales del área de operación.

En ambos casos mencionados, considerar las siguientes condiciones favorables para prevenirlas infiltraciones:

La pendiente, por cuanto los terrenos con mayor pendiente son menos propicios a la retención de agua.

Compactación natural, por cuanto dificulta la infiltración, y a que el agua arrastra los elementos más finos del terreno hacia el interior, tapando poros y grietas en el suelo por el que pasa.

Textura del terreno, en referencia a la cantidad de finos que produce el progresivo taponamiento de los poros y reduce la capacidad de paso del agua.

Implementación de un Sistema de Drenaje

Un sistema de drenaje tiene por objetivo proporcionar una recogida, transporte y vertido final de aguas de escorrentía superficial de modo que la integridad de los terrenos y las características de los cuerpos de agua receptores sean preservadas, garantizando el control de la erosión, la minimización de la colmatación y la conservación de la calidad física y química de los cuerpos de agua receptores. Pero, además, un sistema de drenaje debe ser capaz de funcionar satisfactoriamente todo el año y particularmente, durante los periodos de lluvias intensas.

Los canales de drenaje (canales de coronación) deben ser construidos en la parte superior de los componentes del proyecto (almacenes, desmonteras, polvorines, cancha de residuos, etc), a fin de interceptar y conducir las escorrentías de aguas superficiales de estas áreas a zonas alejadas de las instalaciones. Esta escorrentía debe contar con un efectivo sistema de descarga. Se recomienda que los canales de coronación deben ser profundos, pendientes suaves (1-2%) y revestimiento según las condiciones de circulación.

Obturación de sondajes

Durante la visita de campo se evidenciaron sondajes con afloramiento de agua. Para lo cual se recomienda la opción de obturación de sondajes.

Generalmente, cuando el sondaje intercepta una cuífero se debe obturar usando un cemento apropiado y bentonita o un componente similar capaz de contener el flujo del agua. También es aconsejable el uso de grava o cores de perforación. Considerar que la obturación de sondajes será de acuerdo al tipo de acuífero interceptado.

Este tipo de cierre cumple con evitar el paso del agua, minimizando la generación de drenaje ácido al interior de las labores mineras.

Sellado de fracturas

A fin de controlar el flujo potencial de agua en las labores mineras, es preciso sellarlas fracturas existentes, donde se generan cantidades considerables de aguas ácidas. El método a emplear será la inyección a alta presión de material cementante en el área relativa.

En todos los casos mostrados en éste Capítulo, se debe monitorear y tener el control óptimo para ver si con el tiempo las obras cumplen con los objetivos que se han propuesto.

Consideraciones adicionales

La opción más conveniente es la prevención de la generación de aguas ácidas de mina es la eliminación de uno o más de los componentes esenciales, o bien mediante el control del ambiente con el fin de limitarla velocidad de generación de ácido a un nivel insignificante.

Existen tres factores primarios claves que se requieren en las primeras etapas de la oxidación química: sulfuros reactivos, oxígeno y agua. Los factores secundarios que afectan la velocidad y extensión del DAM son las bacterias, la temperatura y el pH. El objetivo del control de la generación de ácido es evitar reducir la formación de ácido en la fuente, mediante la inhibición de la oxidación de sulfuros. Ello podría lograrse mediante el control de uno de los factores primarios de la oxidación. El control de los factores secundarios puede utilizarse para limitar la velocidad o establecimiento del DAM.

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

El sistema de tratamiento de agua de mina recibirá las aguas de drenaje ácido, en caso de que se generen aguas con tales características; el sistema está dimensionado en base a:

Datos provenientes de la caracterización analítica de las aguas a tratar.

Resultados de los ensayos de Neutralización a nivel laboratorio.

Resultados de la caracterización analítica de la muestra de agua Neutralizada.

Cálculos a nivel teórico basados en las reacciones que tienen lugar en el proceso.

El diseño a nivel factibilidad de un sistema de tratamiento para las aguas de drenaje de mina, está justificado en dos aspectos determinantes que las caracterizan actualmente, como son: el nivel significativo del caudal esperado (El caudal de diseño es de 2.0l/seg, a modo conservador se ha considerado para el diseño el caudal promedio para un flujo constante de 24 horas) y la carga metálica contenida, la misma que, en metales como el Al, Fe y Mn sobrepasa los Límites Máximos Permisibles.

Proceso Químico

A partir de las pruebas experimentales para el tratamiento de aguas ácidas, es posible establecer la dosis de cal necesaria para su tratamiento. El proceso de tratamiento está basado en la Neutralización en una etapa (proceso directo); y tiene como primer criterio de diseño la dosis de cal determinada en laboratorio, al respecto se recomienda el ajuste de parámetros de operación lo cual debe ser previsto en la etapa de construcción y acondicionamiento del sistema de tratamiento.

Adicionalmente, los resultados obtenidos permiten recomendar el uso de Cal al 79.8% de pureza como reactivo neutralizante. Para determinar la dosis de Cal requerida para un caudal de 2.0l/seg, se trazaron líneas de intersección con la curva de consumo, determinándose el consumo experimental de cal por litro para distintos pH hasta alcanzar el pH=8,5; el consumo de cal es 0.3g/L.

Además, para efectos de disminución de tiempo de operación en la etapa de sedimentación y la obtención de agua óptima para vertido, se recomienda el uso de una solución de cloro y un floculante.

Se propone un tratamiento activo de las aguas ácidas, el mismo que involucra tres principales operaciones: La etapa de decantación, la etapa de Neutralización y Oxidación seguida de una etapa de Floculación y sedimentación, se prevé además una etapa previa correspondiente a la etapa de preparación de stock de Lechada de Cal, Cloro y solución de Floculante.

La primera etapa está enmarcada en la neutralización inicial en el lecho de piedra caliza y la posterior decantación de sólidos suspendidos, además de regular el flujo del efluente.

La segunda etapa consiste en el tratamiento netamente químico basado en la neutralización de las aguas para lo cual se utilizará un álcali, en éste caso Cal. El principio de neutralización está basado en la reactividad de los iones metálicos presentes que le dan el carácter ácido al efluente frente a la presencia de una base fuerte como es la Cal; a seguirse tendrá el proceso de oxidación, donde la solución de cloro actúa como oxidante para precipitar principalmente el hierro y el manganeso en el agua; paralelamente en esta etapa se generan condiciones termodinámicas favorables al proceso de precipitación de metales.

La tercera etapa está orientada a la separación física de los lodos formados en el proceso previo, debido a la presencia de Hidróxido sin solubles en agua, de modo que se finalizada ésta operación el agua estaría lista para su vertimiento o reutilización. Esta etapa involucra el uso de reactivos químicos (floculantes) con el propósito de acelerar el proceso de separación y mejorarla calidad del agua tratada.

Figura 2-18: Diagrama de Bloques del Proceso



Fuente: COPLEX S.A.C.–2015

Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño que se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de la planta de tratamiento son los siguientes:

El caudal de diseño es de 2.0l/seg (a modo conservador se ha considerado para el diseño un flujo constante promedio de 2.0 l/seg).

El periodo de operación del sistema será de 24 horas al día en operación continua.

Razón de sedimentación de sólidos

Cantidad de lodos

Tiempo de retención en el canal de neutralización

Tiempo de retención en tanque de Sedimentación

Dosificación con cal

Dosificación con solución de cloro

Dosificación de floculante, mg/L

Asimismo se consideró la siguiente caracterización del efluente a tratar (metales totales):

Tabla2-9: Caracterización de efluente– Mina Santa Elena

Parámetro	pH	Caudal	STS	As	Cd	Cr	Cu
Unidad		L/s	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AguadeMina "SantaElena" sintratamiento	3	3.5	235	0.0002	0.042	0.001	0.627

Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

Tabla2-10:Caracterización de efluente– Mina Santa Elena(2da.Parte)

Parámetro	FeT	FeD	Fe+2	Pb	Hg	Zn	Mn
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AguadeMina "SantaElena" sin tratamiento	14.38	6.40	3.20	1.33	0.0010	3.94	0.43

Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

Respecto al caudal que constituye un parámetro de diseño determinante y a que de fin el a capacidad del sistema de tratamiento, es igual a 2.0l/s, y en cuanto a la dosificación de Cal, cloro y floculante, se ha determinado considerando los cálculos de consumos de cala nivel laboratorio.

Insumos del Proceso

Los insumos propuestos para el tratamiento de las aguas ácidas pueden ser usados en su forma sólida; sin embargo, para efectos de optimización de tiempos de proceso, facilidad y seguridad en la manipulación de insumo, se propone el uso de soluciones.

La naturaleza de los insumos requeridos es importante debido a que las propiedades tanto físicas como químicas de los insumos en general suelen verse afectadas por las condiciones climáticas en las que se usan; en este sentido y a que el proceso propuesto involucra el uso de soluciones y/o mezclas acuosas, se debe tener en

cuenta la calidad del agua disponible así como la temperatura en el lugar donde será implementada la planta, y a que son datos determinantes en el proceso de preparación del stock de las soluciones requeridas, ello está relacionado con factores de naturaleza cinética propios de las reacciones química involucradas. Cabe resaltar que la propiedad más importante de los insumos propuestos es su Solubilidad en agua.

Lechada de Cal

La Cal recomendada, por razones principalmente de costos de proceso es la denominada "cal viva" con una composición de 79.8% de CaO útil. Es un producto sólido que debe ser almacenado en lugar seco. En el proceso se usa en solución acuosa (lechada de Cal).

La lechada de Cal, es una suspensión acuosa de Cal en Agua a una concentración aproximada de 10% en peso. Estará almacenada en un tanque provisto de un equipo de agitación; además, por la poca solubilidad de Cal en agua se debe mantener la lechada en agitación constante para evitarla precipitación de los sólidos nodisueltos.

La dosis determinada para el sistema es de 0.3g/L.

Solución de Cloro

El cloro es usualmente el oxidante más conocido, por su relativo bajo costo y por la facilidad de manipulación. Como oxidante, este químico trabaja con el mismo principio que el ion hipoclorito, OCL⁻. Además el Cloro inhibe el crecimiento de bacterias del hierro e inicia la oxidación principalmente del hierro y el manganeso.

La aplicación del cloro se puede realizar desde un tanque con ayuda de una bomba dosificadora o con un hipoclorador de cabeza constante. La dosis establecida para el sistema es de 1ml de Solución de Cloro de 1g/L.

Floculante

Para este caso en la prueba de laboratorio se ha utilizado el Floculante Magnafloc en solución al 0.1%. La adición del floculante, promueve la formación de flóculos de hidróxido metálico desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes. Para este proceso son importantes los factores como tiempo y el pH. El incremento del tiempo de residencia aumenta la probabilidad de que las partículas se junten.

La dosis establecida es de 0.2 ml de solución por litro de agua neutralizada. Es preciso mencionar que es posible utilizar otro tipo de floculante como Sulfato de Aluminio.

Con el propósito de informar sobre la correcta manipulación de los reactivos utilizados en el proceso, se adjunta en el Anexo 01, las respectivas hojas de seguridad.

Secuencia de Tratamiento

La descripción de las etapas que definen el proceso es la siguiente:

Etapas de pre tratamiento

Las aguas de mina a tratar en el sistema proceden del N v. 670; que inicialmente pasarán a través de un lecho fijo de carbonato cálcico (caliza) seguido de la poza de igualación o decantación, en donde se realizará la separación física de los sólidos en suspensión y del material particulado que es arrastrado por el agua; lo cual, además de regular el flujo permite suministrar un caudal constante al sistema de tratamiento. El flujo del agua de mina será de 2.0l/seg con un pH inicial=3.0.

Etapas de Neutralización

El efluente a razón de 2.0l/seg con un pH inicial=5.5 ingresa al Canal que lo transfiere con un mecanismo de barreras que asegura un nivel de turbulencia adecuado, en esta etapa se mezcla el efluente con la lechada de Cal para elevar el pH a 9.0 y la solución de Cloro, en éste proceso se forman hidróxidos u óxidos insolubles principalmente de Fe, Al y Mn lo cual explica el incremento del pH en la fase líquida.

Sumado a ello, es importante también el tiempo de residencia del volumen tratado en esta etapa y a que de ello dependerá la eficacia del proceso. Para este caso, se estima un tiempo mínimo de 15 minutos para que requiere el proceso para completar la etapa de Neutralización.

Adicionalmente se utilizará una solución de floculante Magnafloc, para favorecer el proceso de sedimentación, de la etapa posterior.

Etapas de Sedimentación

El agua acondicionada (neutralizada y con floculante) se recibirá en una Poza de Sedimentación. En esta fase el objetivo es la separación de los lodos formados y a que, por el peso adquirido, las partículas de lodo habrán adquirido mayor peso, formando Flóculos con un diámetro de 80 μm y una densidad de 1.02 g/ml y cuya tendencia es depositarse en el fondo de la poza.

El agua tratada, de rebose de la Poza de Sedimentación podrán ser descargadas directamente al cuerpo receptor o a las pozas de sedimentación habilitadas anteriormente. Cabe señalar que la calidad del agua tratada, al salir de la etapa de sedimentación, cumplirá con los estándares exigidos por los LMPs y ECAs, por lo que es apta para ser vertida.

Una vez finalizada la floculación-sedimentación, los lodos acumulados en ambas pozas serán descargados hacia la cancha de desmonte.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Esta sección contiene la descripción de los principales componentes proyectados del sistema de tratamiento cabe señalar que al ser el presente un diseño conceptual, los componentes del sistema están sujetos a ser modificados con el fin de optimizar el proceso y/o adecuarlo a la zona donde operará.

Lecho de piedra caliza

La caliza (Carbonato de calcio) se da en forma natural como piedras, su disolución contribuirá a generar alcalinidad, como parte de la etapa inicial del sistema de tratamiento de aguas ácidas.

La neutralización a través del lecho consiste en hacer pasar un flujo residual líquido a través de un lecho fijo de carbonato cálcico. (Ver Figura 2-19). Las pruebas de laboratorio se efectuaron en lechos de piedra caliza de 2–5 pulgadas de diámetro, dispuesta a lo largo de todo el canal a una profundidad de 30 cm. La renovación de piedra caliza se realizará de forma permanente, de acuerdo a los resultados de monitoreo sin ternos.

Este proceso se desarrolla en sentido lineal, la velocidad máxima de circulación del efluente no debe sobrepasar los 40-35l/min.m², para que así, pueda alcanzarse un tiempo de residencia óptimo.

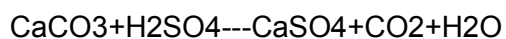
La sección del lecho es rectangular, cuyo detalle de las dimensiones se muestra en la continuación:

Tabla 2-11: Parámetros de diseño – Lecho de Piedra Caliza

PARÁMETROS DE	DIMENSIONE
Espejo de agua	0.4
Profundidad hidráulica	0.3
Borde Libre (0.1
Área Hidráulica	0.1
Berma interna	0.2
Berma externa	0.2
Perímetro mojado	1.0
Radio hidráulico	0.1

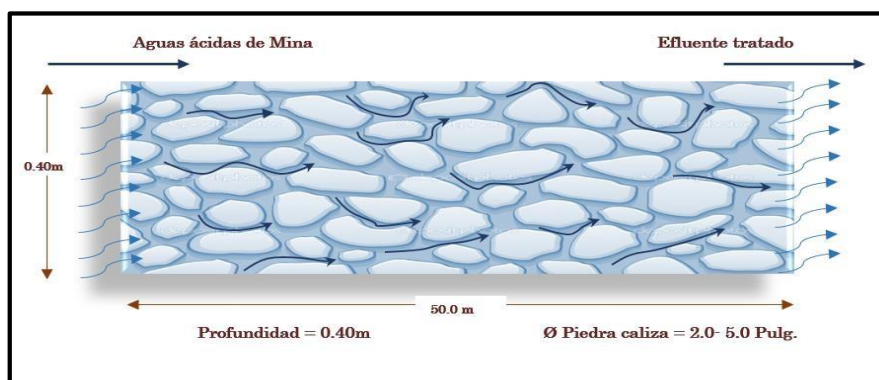
Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

La neutralización se produce de acuerdo a la siguiente reacción:



La reacción permanece constante mientras haya un exceso de carbonato en el lecho, en estado activo.

Figura 2-19: Flujo del Lecho de Caliza.



Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

Poza de igualación o decantación

La presente etapa constituye un elemento básico del tratamiento físico-químico, permitiendo homogenización de la mezcla de corrientes del efluente de mina.

El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los sólidos suspendidos de las aguas ácidas de mina, bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto sólo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

La homogenización es en línea, y a que la poza está localizada en la misma dirección del flujo de las aguas, pasando por aquí la totalidad del caudal, siendo necesario dejar reposar la mezcla para que el sólido sedimento (60 minutos), es decir, descienda y sea posible su extracción por acción de la gravedad. El agua ingresa por un extremo y es extraída por el extremo opuesto diagonalmente.

La poza de igualación tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 2-12: Parámetros de diseño – Poza de igualación

PARÁMETROS DE DISEÑO	DIMENSIONES
Caudal de agua a tratar (L/seg)	2.00
Tiempo de decantación (hr)	1.00

PARÁMETROS DE DISEÑO	DIMENSIONES
Tiempo de decantación (seg)	3600.00
Volumen total (m ³)	7.20
Profundidad máxima de la poza (m)	1.69
Ancho de poza (m)	1.69
Longitud de la transición (m)	5.06

Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

El proceso de decantación reducirá de un 30 a 40% de los sólidos en suspensión. La poza de decantación no estará cubierta, por lo que su limpieza se realizará en forma periódica dependiendo directamente del flujo de efluente, y de los monitoreos visuales, considerándose como referencia realizarla limpieza de forma bimensual o trimestral.

Los sólidos sedimentados serán retirados en forma manual en sacos de polipropileno (90x60cm) o con bomba de extracción de lodos, los sedimentos movidos son evacuados a la cancha de desmontes para el secado y disposición final.

Tanque de Lechada de Cal

La lechada de Cal, es una suspensión acuosa de Cal en Agua a una concentración aproximada de 10% en peso. Estará almacenada en un tanque provisto de un equipo de agitación; además, por la poca solubilidad de Cal en agua se debe mantener la lechada en agitación constante para evitarla precipitación de los sólidos no disueltos.

El sistema de agitación es vertical, conformado por un eje y dos impulsores tipo turbina axial de palas inclinadas 45° en acero recubierto, con el propósito de garantizar el movimiento tanto axial como radial de las partículas de cal presentes a lo largo de la operación ya que debido a su baja solubilidad en agua tienden a depositarse; en tal sentido es una condición de proceso la agitación de la lechada de cal, para asegurar la adición de mezcla homogénea al proceso.

Se estima que la velocidad de agitación puede estar entre 80 y 120 RPM para lo cual se requerirá un Agitador o Mixer con un motor de 5 HP de potencia (0.75 kW a 1.5 kW); cabe señalar que el cálculo contempla un margen de aseguramiento del 20% como medida de prevención ante una probable baja de eficiencia del equipo relacionada a las condiciones climáticas de operación.

Tabla 2-13: Parámetros de diseño – Tanque de Lechada de Cal

Caudal máximo de efluente de mina (l/seg)	2.00
Caudal de efluente de mina (l/día)	172800.
Cantidad de CaO (Kg CaO/día)	51.8
Cantidad de CaO (Kg CaO/2 días)	103.6
Volumen del tanque de lechada de cal (L/día)	518.4

Volumen del tanque de lechada de cal (L/2 días)	1036.8
Diámetro del tanque de lechada de cal (m)	1.09
Borde libre	0.20
Altura del tanque de lechada de cal (m)	1.29
Volumen del tanque de lechada de cal (m ³)	1.03
Dosificación para Caudal 2L/seg (ml/seg)	6.0

Fuente: COPLEXS.A.C.-2015

Para la preparación de lechada de cal se debe instalar un tanque tipo cilindro vertical y fondo plano, de 1.097m (3.599 ft) de diámetro y 1.397m (4.583 ft) de altura con una capacidad útil de 1.037 m³. El flujo de dosificación será de 6ml/seg. Considerar que se debe emplear un tanque Rotoplast de 1100 L o un tanque contenedor IBC de polietileno 1m³.

Además, el tanque debe estar provisto de válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en materiales de calidad adecuada para la sustancia en contacto.

Así mismo cuenta con la alimentación permanente de agua, ya fin de optimizar el uso del tanque se considera realizarla dosificación para 48 horas empleando la capacidad máxima de almacenamiento.

Es importante mencionar, que las Dimensiones son consideradas para un caudal máximo de 2.00l/seg, sin embargo la alimentación de cal también estará regulada en función al caudal en la alimentación de agua a tratar, por tanto, el suministro y preparación de lechada de cal suministrada al sistema de tratamiento estará sincronizada al caudal y concentraciones del agua de mina.

Tanque de Solución de Cloro

El tanque de solución de cloro es el recipiente de preparación y almacenamiento del floculante, se trata de un tanque de 1.037m³ de volumen útil; es de tipo cilindro vertical de 1.097m (3.59ft) de diámetro y 1.297m (4.25ft) de altura.

Como oxidante, este químico trabaja con el mismo principio que el ion hipoclorito, OCL⁻. Además el Cloro inhibe el crecimiento de bacterias del hierro e inicia la oxidación principalmente del hierro en forma de hidróxido férrico y el manganeso en forma de dióxido de manganeso.

La concentración de la solución es al 0.1% y el flujo de dosificación será de 2ml/seg de solución de floculante a través de las válvulas dosificadoras. Considerar que se debe emplear un tanque Rotoplast de 1100L o un tanque contenedor IBC de polietileno 1m³. La agitación de la solución será manual según los monitoreos visuales lo indiquen.

Así mismo por la capacidad del tanque la dosificación será cada 6 días, utilizándose 6.221 Litros de Hipoclorito de Sodio para un Volumen total de agua de 1037 Litros.

Tabla 2-14: Parámetros de diseño – Tanque de solución de cloro

Caudal de agua a tratar (L/seg)	2.0
Caudal de agua a tratar (L/día)	172800.
Volumen de Solución de Cloro (L/día)	172.
Volumen de Hipoclorito de Sodio (L/día)	1.03
Volumen de Hipoclorito de Sodio (L/6 días)	6.22
Volumen de Solución de Cloro (L/6 días)	1036.
Diámetro del tanque de cloro (m)	1.09
Borde libre	0.20
Altura del tanque de cloro (m)	1.29
Volumen del tanque de cloro (m ³)	1.03
Dosificación para Caudal 2L/seg (ml/seg)	2.0

Fuente: COPLEX S.A.C. -2015

Tanque de Solución Floculante

La floculación es un proceso que consiste en añadir una sustancia floculante a las aguas residuales a tratar; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y precipitan. La floculación provocará la aglutinación de los sólidos en suspensión, eliminándose así más del 80% de los sólidos en suspensión.

Debido a que es necesario obtener velocidades de sedimentación altas para el funcionamiento eficiente del sistema se mejorará el resultado obtenido por el control del pH mediante la adición de agentes floculantes (Magnafloc), que aportan iones y cationes de gran tamaño facilitando la precipitación al asociarse con las partículas en suspensión.

El tanque de solución de floculante es el recipiente de preparación y almacenamiento del floculante, se trata de un tanque de 0.484 m³ de volumen útil; es de tipo cilindro vertical de 0.85 m (2.78 ft) de diámetro y 0.95 m (3.11 ft) de altura.

La concentración de la solución es al 0.1% y el flujo de dosificación será de 0.40 ml/seg de solución de floculante. Considerar que se debe emplear un tanque Rotoplast de 500 L, así mismo por la capacidad del tanque la dosificación será cada 14 días, utilizándose 0.484 Kg de Floculante para un Volumen total de agua de 484 Litros.

Tabla2-15:Parámetrosdediseño –Tanquede solucióndefloculante

PARÁMETROSDE	DIMENSIONES
Caudaldeaguaatratar(L/seg)	2.0
Caudaldeaguaatratar(L/día)	172800.
Volumen deSolución deFloculante(L/día)	34.5
Volumen deSolución deFloculante(L/14días)	483.

PARÁMETROSDE	DIMENSIONES
Cantidad deMagnafloc(Kg/día)	0.03
Cantidad deMagnafloc(Kg/14días)	0.48
Diámetro deltanquedecloro (m)	0.85
Bordelibre	0.10
Alturadeltanquedecloro (m)	0.95
Volumen deltanquedecloro (m3)	0.48
Dosificación paraCaudal2L/seg(ml/seg)	0.4

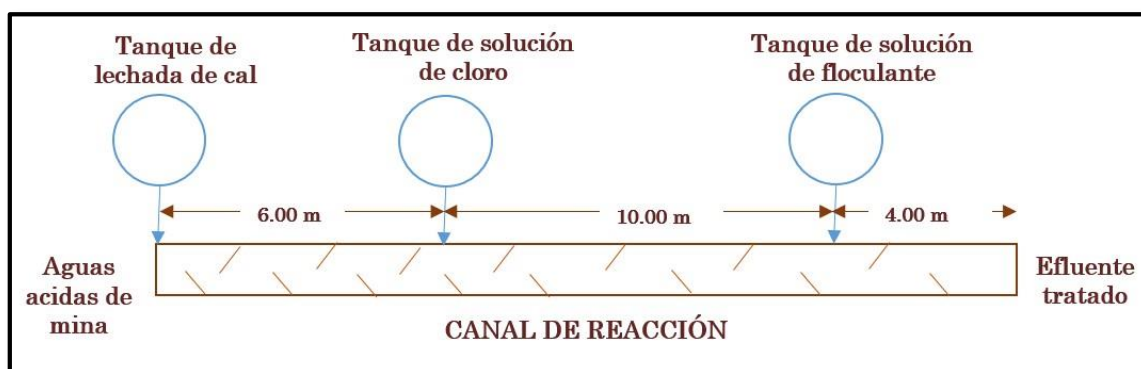
Fuente:COPLEXS.A.C.-2015

Canal dereacción

Elcanal dereacciónconsisteenunaestructuraconunmecanismo debarreras,lacual contribuirá alasreaccionesquímicasque se llevarána caboenel Sistemade Tratamiento.

Enesta etapa se utilizaranlos insumosquímicos mencionadosanteriormente (lechada de cal,solucióndefloculante y solucióndecloro)loscualesestaránubicadossegúnel detalle que se muestra acontinuación:

Figura2-20:Distribucióndetanquesquímicos.



Fuente:COPLEXS.A.C.-2015

Este proceso se desarrolla en sentido lineal, de tal forma que se facilite la mezcla de los reactivos con el efluente, la velocidad máxima de circulación del efluente no debe sobrepasar los 40-35 l/min.m², para que así, pueda alcanzarse un tiempo de residencia óptimo.

El canal tiene la propiedad de conservar prácticamente constante su capacidad al variar la pendiente dentro de un amplio rango, razón por la cual es adaptable a las sinuosidades de los perfiles sin necesidad de variar la sección y sin exigir excavaciones excesivas para su construcción. (Referencia Ver la siguiente fotografía).



Foto8: Modelo de Canal de reacción

Las dimensiones de la sección del canal de reacción se muestran a continuación:

Tabla 2-16: Parámetros de diseño – Canal de reacción

Longitud total	20.0
Espejo de agua	0.40
Profundidad hidráulica	0.35
Borde Libre (0.05
Área Hidráulica	0.14
Berm interna	0.20
Berm externa	0.20
Perímetro mojado	1.10
Longitud de barrer	0.42
Altura de barrera	0.35
Distancia	0.60
Ancho aprox. Barrer	1.0-
Angulo de barre	4
Radio hidráulico	0.12

Fuente: COPLEXS.A.C. -2015

Poza de sedimentación

Este componente recibe agua procedente de la segunda etapa de neutralización que adicionalmente recibe un adosificación de floculante proveniente del Tanque Mezclador de Floculante, todo esto será conducido hasta el feedwell (zona profunda)

La poza de sedimentación será rectangular, en la cual el agua ingresa por un extremo y es extraída por el opuesto. Tiene 4.02 m de longitud y 1.34 de ancho con una capacidad de 3.62 m³/día, cantidad sobre dimensionada para compensar los flujos en tiempo de lluvia.

El proceso de sedimentación reducirá más del 80% de los sólidos en suspensión. El agua sedimentada y clarificada luego del tiempo de retención se envía por rebosa a las pozas de sedimentación ubicadas en superficie para control y muestreo (pH=8.5), y según calidad la solución será descargada al Medio Ambiente por una tubería de 6".

La poza de sedimentación no estará cubierta, por lo que su limpieza se realizará en forma periódica dependiendo directamente del flujo de efluente, y de los monitoreos visuales, considerándose como referencia realizarla la limpieza de forma bimensual o trimestral.

Los sólidos sedimentados serán retirados en forma manual en sacos de polipropileno (90x60cm) o con bomba de extracción de los mismos, los sedimentos movidos se evacúan a la cancha de desmontes para el secado y disposición final.

Tabla 2-17: Parámetros de diseño – Poza de sedimentación

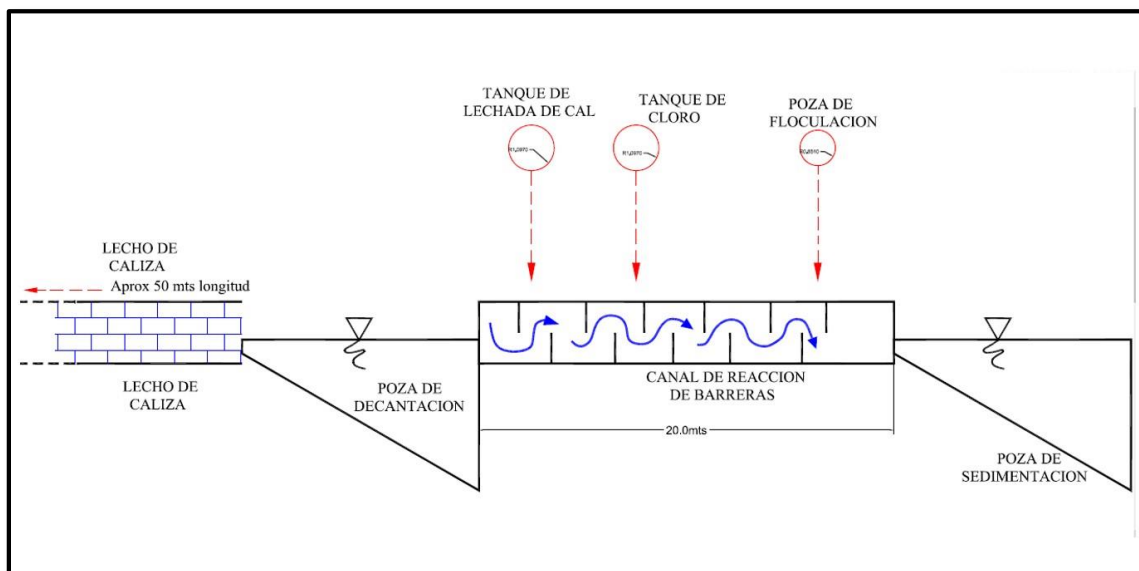
Caudal de agua a tratar (L/seg)	2.0
Tiempo de decantación	1800.
Volumen total (m ³)	3.6
Borde libre (m)	0.2
Profundidad máxima de la poza (m)	1.5
Ancho (m)	1.3
Longitud de la transición (m)	4.0

Fuente: COPLEX S.A.C.-2015

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Se ha definido el diagrama de flujo del proceso propuesto considerando las instalaciones a diseñarse. El detalle del diagrama de flujo se puede observar en el Anexo 02.

Figura 2-21: Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales de la Unidad Minera Santa Elena



ELABORACIÓN DEL BALANCE DE MASAS DEL SISTEMA

Se realizó el Balance de Masas del proceso propuesto considerando cada uno de los ingresos o aportes al sistema, y las fugas o salidas de la misma. El detalle del Balance de Masas se puede observar en el Anexo 03.

Figura 2-22: Balance de Masas del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales de la Unidad Minera Santa Elena

