

BIOREMEDIACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS POR TRATAMIENTOS PASIVOS

Presentado: Blga. Vilma Beltrán Añaños
Email: vbasac@vbasac.com

En los últimos años se ha observado un aumento continuo en la producción de aguas residuales que, en muchos casos, se vierten con tratamiento parcial o sin tratamiento a los cuerpos de agua produciendo un grado de contaminación. Donde a principios de la década de los '80, los científicos observaron que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas, basadas en la capacidad de los microorganismos de realizar procesos degradativos, surgiendo así los llamados tratamiento pasivos en el ámbito minero donde es importante porque el problema ambiental puede persistir, durante décadas e incluso cientos de años una vez finalizado el ciclo productivo, existe la necesidad de aplicar tecnologías basadas en sistemas de tratamiento pasivo de probada eficacia y de bajo coste de operación y mantenimiento respecto a los procesos de tratamiento activo.

El agua ácida de mina tiene los siguientes componentes:

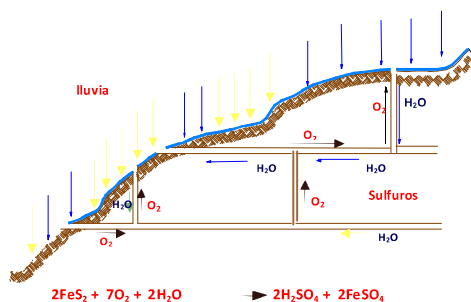


Fig. 1: Perfil tunel con DAM



Fig. 2: Acidithiobacillus

Los Objetivos de la biorremediación de aguas ácidas por medio de tratamientos pasivos son los siguientes:

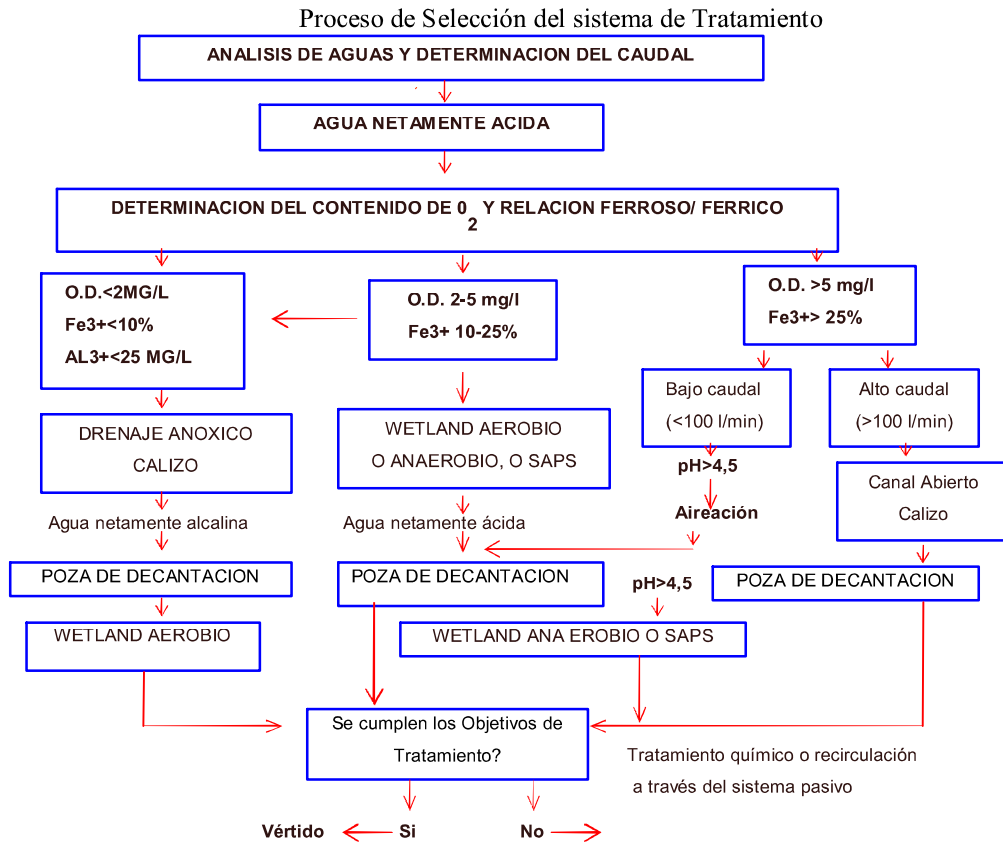
- Elevar el pH del agua,
- Mitigar los metales disueltos en el drenaje de aguas ácidas de mina, a través del sistema pasivo – Wetland.
- Determinar la calidad de agua en función de parámetros: pH, Concentración de metales, Iones, etc.
- Establecer parámetros a lograr, en función de: La normativa de aguas vigente, los términos de porcentaje de descontaminación y La reducción de la concentración de los parámetros antes expuestos.

Los tratamientos pasivos, se basan en los mismos procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en los humedales naturales (wetlands), en donde se modifican las condiciones de Eh y pH de los drenajes de mina, de forma que se favorezca la formación de especies insolubles y la retención de cationes metálicos, ideales para minas en Plan de Cierre y manejo de sus pasivos ambientales, son de bajo costo y son sostenibles.

Clasificación de los Sistemas de Tratamiento Pasivo

Tratamiento	Condiciones	Procesos	Técnicas
Base Química	Anaeróbicos	Neutralización por disolución de caliza	Drenaje anódico calizo
	Aeróbicos		Canales abiertos calizos, Pozas calizas, etc.
Base Biológica	Aeróbicos	Oxidación e Hidrólisis catalizada por bacterias.	Wetlands aeróbicos
	Anaeróbicos	Reducción bacteriana del sulfato.	Wetlands anaeróbicos

			Pozas orgánicas Biorreactores
Sistemas Mixtos	Aeróbicos	Reducción bacteriana del sulfato. Neutralización / oxidación química	Sistemas de producción sucesiva de alcalinidad.



PROCESO DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para la aplicación el tipo de sistema de tratamiento se debe observar las características siguientes en el cuadro:

SISTEMA BASE QUÍMICA

Las calizas son rocas sedimentarias de origen fundamentalmente químico u organógeno, formada por al menos un 50% de carbonato cálcico. Por tanto este sistema actúa en una secuencia de de neutralización, oxidación y precipitación utilizando caliza como agente neutralizante. Su técnica más representativa es el Drenaje anóxico calizo (ALD) que intercepta y neutraliza los flujos del DAM, evitando el contacto con el oxígeno atmosférico, lo que impide la oxidación de los metales y por tanto la formación de revestimientos de óxidos de Fe en la caliza, teniendo la siguiente reacción:

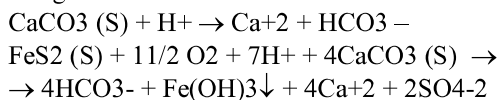


Fig. 3: Piloto, neutralización con caliza Minera Colquirumi Cajamarca

SISTEMA DE BASE BIOLÓGICO

Es un sistema en la que la reducción bacteriana, de los sulfatos, la oxidación y la hidrólisis es catalizada por las bacterias, siendo su aplicación más práctica las pozas aeróbicas y pozas anaeróbicas (Wetlands)



Fig. 4: Sistemas de base biológica

WETLANDS AERÓBIOS.- PARA AGUAS ALCALINAS Y PH> 4,5

- Favorecen el contacto entre el agua contaminada y el aire atmosférico.
- Emplean plantas acuáticas emergentes (liberan oxígeno por raíces y rizomas).
- Espesor de lámina de agua no debe superar los 30 cm.
- Substrato oxigenado propicia la formación de bacterias (catalizadoras)
- Transforman el hierro Fe^{2+} a Fe^{3+} que precipita como hidróxido.
- Consisten en una o varias celdas conectadas (circulación por gravedad).
- Diseño incluye cascadas, lechos serpenteantes, grandes superficies y poca profundidad.

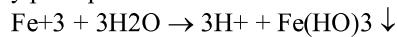


Fig. 5: Wetland aerobio



WETLANDS ANAEROBIOS.- PARA DRENAJES DE MINA CON UN PH<4

- Admiten influentes con oxígeno disuelto (>5 mg/l), Fe^{3+} y Al^{3+}
- Altura de lámina de agua = mayor a 30 cm.
- Substrato permeable = 30 a 60 cm.
- Material orgánico (70 - 90% de estiércol, compost, turba, heno, aserrín, etc.)
- Material calizo (30 a 10%)

Fig. 6: Wetland Anaerobios

Para implementar el sistema anaeróbico se utiliza el sustrato orgánico el cual cumple las siguientes funciones:

- Elimina el oxígeno disuelto.
- Reduce el Fe^{3+} a Fe^{2+} (evitando la pérdida de rendimiento de la caliza).
- Genera alcalinidad (procesos químicos o microorganismos).
- Soporta la vegetación emergente.
- Hábitat de bacterias anaerobias sulfo-reductoras (*Desulfovibrio* y *Desulfomaculum*), actividad máxima a pH entre 6 a 9 y se inhiben a $pH < 5$.

Los materiales que se utilizan son:

- Material alcalino para neutralizar la acidez.
- Sustratos orgánicos para crear ambientes reductores.
- Empleo de bacterias para catalizar las reacciones y acelerar los procesos que forman precipitados.
- Configuración del dispositivo para asegurar una buena circulación y distribución del influente dentro del sistema.
- Diseños que maximicen el tiempo de contacto entre el flujo de agua contaminada con los materiales del dispositivo de tratamiento.



Fig. 7: Estiércol + roca caliza



Fig. 8: Cascarilla de arroz



Fig. 9: Compost

SISTEMAS MIXTOS SAPS

Este sistema de tratamiento de aguas ácidas de mina fue desarrollado por Kepler y McCleary (1994) para solucionar el problema de la gran superficie que requieren los humedales anaerobios y la precipitación de los hidróxidos de Fe y Al. Un SAPS consiste en un estanque en cuyo interior se depositan dos substratos, uno de material alcalino y otro de compuestos orgánicos, que están sumergidos en el influente a una profundidad entre 1 y 3 m, y que es drenado por la parte inferior mediante un conjunto de tubos. Los SAPS se han diseñado para tratar aguas netamente ácidas con concentraciones de Fe^{3+} y Al superiores a 1 mg/l.



Fig. 10: Drenaje anóxicocalizo – Pozas Orgánicas.

SECUENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS

- Caracterización del agua ácida
- Pruebas de laboratorio
- Pruebas balde
- Pruebas piloto
- Escala industrial

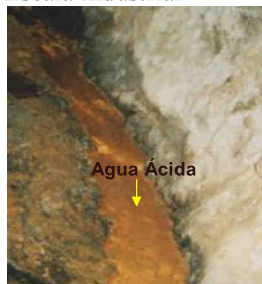


Fig. 11: Caracterización del agua ácida



Fig. 12: Pruebas de laboratorio



Fig. 13: Pruebas balde



Fig. 14: Pruebas piloto



Fig. 15: Escala industrial

BIBLIOGRAFIA

- Aduvire O. 2000. Prevención de la formación y tratamiento por métodos pasivos de aguas ácidas de lluvias y escombreras.
- B.I.S.A., 1996. Programa de adecuación y manejo ambiental de la mina Orcopampa.
- Cía. Minas Buenaventura, Unidad Orcopampa, 1996. Trabajos internos. Muestreo en puntos estratégicos.
- Cía. Minas Buenaventura, Unidad Orcopampa, 1998. Trabajos Internos.
- Figuroa R. 2005. Treatment of mine acid effluent with wetlands at Orcopampa mine in the Peruvian Andes.
- Watzlaf., 1997. Passive treatment System for the treatments of mine drainage: Annexing limestone drainages.