

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA,

MINERA Y METALURGICA



MANEJO DE SOLUCIONES EN MINERA YANACOCHA

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO METALURGISTA

JOSE LUIS ESPINOZA CHAMAYA

LIMA – PERU

2006

SUMARIO

El presente trabajo trata sobre el manejo de soluciones que realiza Minera Yanacocha a través de los procesos químicos del agua, que se ejecutan en las plantas de tratamiento de efluentes minero – metalúrgicos.

En época de lluvia cuando existe un exceso de agua en el sistema, funcionan las plantas EWTP (Excess Water Treatment Planta) en Carachugo y Yanacocha las cuales tratan soluciones excedentes por el método de clorinación alcalina para luego ser descargadas al medio ambiente SI Y SOLO SI cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.

La Mina Yanacocha aplica un plan de manejo ambiental, que comprende todas las medidas y actividades necesarias para evitar que sus procesos generen consecuencias negativas al medio ambiente, aquí trataremos en específico el elemento agua, parte importante del plan consiste en verificar su efectividad, por lo que se requiere de la aplicación paralela del monitoreo ambiental, el mismo que se basa en la toma de muestra y análisis de las soluciones correspondientes al Plan de manejo de fluidos.

Yanacocha cuenta con instalaciones de laboratorio químico en Carachugo el cual analiza los parámetros de operación de la planta como: oro, plata, mercurio, ph, etc. y el laboratorio QA/QC de medio ambiente en Yanacocha el cual realiza el control y análisis de los efluentes que descargan las plantas EWTP y la planta de osmosis inversa, además del análisis de las soluciones de las instalaciones del Plan de Manejo de Fluidos, entre otras.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Ubicación y Acceso.....	10
1.3 Clima y medio Ambiente.....	11
1.4 Actividad Básica.....	11
1.5 Geología y Mineralización.....	11
1.6 Reservas y producción.....	12
1.7 Medio Ambiente.....	13
1.8 Descripción general del Proceso Metalúrgico.....	14
1.9 Flow Sheet de la planta de Proceso Metalúrgico.....	15
CAPITULO II TRATAMIENTO DE SOLUCIONES CIANURADAS	
2.1 Historia.....	16
2.2 Cianuro.....	17
2.3 Química del cianuro y de los complejos del cianuro.....	18
2.2.1. Cianuro de Hidrógeno.....	18
2.2.2. Cianuros Simples.....	19
2.2.3 Cianuros Complejos.....	20
2.3 Productos de descomposición y compuestos afines.....	21
2.4 Cianatos.....	21
2.4.1 Tiocianato.....	22
2.4.2 Amoniaco.....	23

2.5	Tecnología del tratamiento del cianuro.....	23
2.5.1	Proceso Inco de Oxidación: SO ₂ – aire.....	24
2.5.2	Oxidación con peroxido de hidrógeno.....	25
2.5.3	Oxidación con el ácido de CARO.....	27
2.5.4	Clorinación alcalina.....	29
2.5.5	Degradación natural.....	30

CAPITULO III PLANTA DE TRATAMIENTO DE EXCESO DE AGUA

3.1	Esquema de proceso de extracción del oro en circuito cerrado de lixiviación.....	31
3.2	Etapas del tratamiento de agua.....	32
3.3.1	Clorinación.....	34
3.3.2	Precipitación.....	35
3.3.3	Coagulación.....	37
3.3.4	Sedimentación.....	38
3.3	Descripción del proceso de tratamiento de las aguas excedentes.	40
3.4	Flow Sheet de la planta de tratamiento.....	43

CAPITULO IV PLAN DE MANEJO DE FLUIDOS

4.1	Objetivos.....	45
4.2	Componentes del plan de manejo de fluidos.....	45
4.3	Responsabilidades.....	45
4.4	Monitoreo en el plan de manejo de fluidos.....	46

4.5	Procedimiento de muestreo de campo.....	48
4.6	Reportes de monitoreo.....	54
4.7	Practicas de control correctivo.....	56

**CAPITULO V CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
AMBIENTAL**

5.1	Laboratorio de medio ambiente.....	57
5.2	Equipo analizador de cianuro WAD.....	58
5.3	Equipo analizador de mercurio por inyección de flujo FIMS-100.....	70
5.4	Equipo de espectrofotometría de absorción atómica.....	72

CONCLUSIONES.....	74
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	75
--------------------------	-----------

APÉNDICE.....	76
----------------------	-----------

ANEXOS.....	78
--------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

Este informe fue realizado en base a la experiencia que obtuve durante mi labor en Minera Yanacocha.

El Tratamiento eficiente del agua es un punto clave dentro del manejo ambiental de Yanacocha, ya que geográficamente, se encuentra en la parte alta de las cuencas y ríos que abastecen a poblaciones y áreas rurales.

El propósito del presente informe, es compartir mi experiencia técnica sobre el tratamiento físico químico del agua empleando la técnica de clorinación alcalina para destruir el cianuro y el hidrosulfuro de sodio para remover los metales principalmente el mercurio, la eficiencia del manejo adecuado de los efluentes es eficiente debido al control permanente que realiza el plan de manejo de fluidos .

En el manejo adecuado de las soluciones con cianuro se evita cualquier contacto de esta solución con el medio ambiente, pues, por su contenido de metales, podría producir un impacto negativo. El diseño considera el control de probables inconvenientes.

Sólo después que esta agua se trata, es derivada hacia el medio ambiente previo control exhaustivo de las condiciones del agua para verificar la calidad adecuada, es decir que los valores estén por debajo de los límites permisibles

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El proyecto Yanacocha, es la primera inversión extranjera en minería en el Perú, y luego de tres años de haber iniciado sus operaciones, se convirtió en la operación de lixiviación en pilas de mayor producción de oro a nivel mundial. El éxito de Minera Yanacocha (MYSRL) abre un nuevo capítulo para la minería peruana, en el que se inicia la explotación de yacimientos de oro diseminado a gran escala, lo que ha logrado captar el interés de los inversionistas extranjeros en los recursos minerales del Perú.

Actualmente Minera Yanacocha S.R.L. es la más grande productora de oro a nivel mundial, en esta sociedad participan la compañía aurífera estadounidense Newmont Gold Company con 51.35% (tercera productora mundial de oro), y la compañía local Minera Buenaventura S.A. con 43.65%, (mayor productor poli metálico del Perú). El 5% restante, pertenece a la Corporación Financiera Internacional (IFC) una agencia del banco mundial.

1.2 Ubicación y Acceso

El área de operaciones de Minera Yanacocha S.R.L., está situada al norte del Perú, en la Cordillera de los Andes, en el distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de la misma ciudad de Cajamarca, situada a 20 Km. al norte de la ciudad de Cajamarca, la altura promedio es de 4200 m.s.n.m.

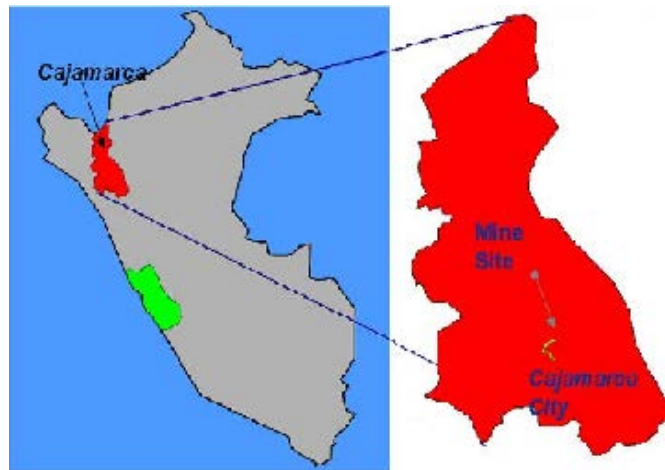


Figura 1. Ubicación geográfica campamento minero

El acceso a MYSRL es por un camino de grava de 45Km (asfaltado 15 Km. y afirmado 30Km) en buenas condiciones.

Adicionalmente Yanacocha trazó y construyó una variante en la carretera interprovincial para evitar el paso de vehículos por el área de operaciones de la Quinua. Los trazos, permisos y construcción de la variante fueron aprobados y supervisados por el Ministerio de Transportes.

Sus coordenadas geográficas son aproximadamente:

- 07°00' Latitud Sur
- 78°31' Longitud Oeste

1.3 Clima y Medio Ambiente

El clima de esta zona es característico de regiones de gran altura, es frío, lluvioso y con vientos frecuentes de hasta más de 160 km/hora.

La temperatura promedio oscila entre -7°C y 21°C .

La precipitación promedio es de 120 mm/año. Aproximadamente 80% de las precipitaciones ocurren durante los meses de octubre a abril. Los meses más secos son junio y julio, con una precipitación promedio de 26 y 19 mm. respectivamente.

1.4 Actividad Básica

Minera Yanacocha S.R.L. se dedica a la explotación superficial y lixiviación en pilas del material de oro.

1.5 Geología y Mineralización

El distrito de Yanacocha se encuentra en unidades intrusivas intermedias a acídicas volcánicas del eoceno al Mioceno, la geología del área es un relleno de las actividades tectónicas y volcánicas. Estas rocas han sido silicificadas localmente y mineralizadas con soluciones ricas en oro luego de un periodo de lixiviación ácida. La mineralización de oro ocurre en las zonas de silicificación, brechación y alteración del cuarzo alunita formadas por alteración de tobas e ignimbritas.

Las rocas alteradas a sílice, presentan texturas porosas producto de una intensa lixiviación de soluciones hidrotermales extremadamente ácidas con temperaturas que fluctúan entre los 150 y 400°C . Así mismo, dentro de la

silificación se tiene la sílice masiva con aspecto compacto (en la sílice masiva se encuentra las más altas leyes de oro).

Los minerales metálicos presentes son pirita (sulfuro de hierro, FeS_2), energita (sulfosal de cobre con arsénico y antimonio, $\text{AsSbS}_4\text{Cu}_3$), cinabrio (sulfuro de mercurio, HgS), entre otros de menor importancia. Estos minerales cuando están presentes en las rocas silicificadas suelen contener oro con leyes que fluctúan entre los 0.1 a 4.0 g/t de oro, llegando en algunos casos a tener contenidos de 20 y 30 g/t.

Los sulfuros contienen oro en su estructura cristalina misma y cuando son oxidados por aguas meteóricas, producen tierras de óxido de hierro, llamadas limonitas y el oro queda liberado de la estructura cristalina. Estas zonas oxidadas son las favorables y constituyen actualmente el recurso más importante en Yanacocha, siendo la mínima ley de la mina 0.3 g/t.

1.6 Reservas y Producción

La producción del año 2003 alcanzó los 2.85 millones de onzas de oro, la producción del año 2004 los 3.02 millones de onzas de oro, y se espera una producción alrededor de 3.0 millones de onzas de oro para el año 2005; por tanto, la producción de oro en los 12 años de operación de Minera Yanacocha SRL ha crecido significativamente, lo cual la convierte en la primera Compañía minera Metalúrgica del Perú.

1.7 Medio Ambiente

Los éxitos industriales, tecnológicos y financieros no han hecho olvidar a Minera Yanacocha sus responsabilidades sociales y su compromiso total de defensa del medio ambiente.

Bajo los más exigentes estándares norteamericanos que la Newmont aplica en los Estados Unidos, la lixiviación mediante cianuro se produce en circuito cerrado, evitando toda posibilidad de fuga y contaminación del medio.

Todas las operaciones se realizan con absoluto cuidado respecto al medio ambiente y sin riesgos contaminantes, cuando una cancha de lixiviación debe ser cerrada, por haber terminado el proceso de extracción del oro contenido, se procede a desintoxicarla lavando el cianuro que contenía hasta obtener agua limpia y certificada. En ese punto se procede a revegetar la zona, utilizando el material orgánico y vegetal que era su suelo original y que ha sido conservado. Con el tiempo y las lluvias, el pad será un montículo de roca cubierto de vegetación, perfectamente inofensivo.

Un intenso programa social, en beneficio de las comunidades vecinas, persigue mejorar los niveles de vida, educación y salubridad de las poblaciones. De acuerdo con los líderes y dirigentes de las comunidades, comprometiendo su participación y mano de obra, Minera Yanacocha implementa y estimula programas de reforestación, agricultura, tendido de líneas de luz, agua y desagüe, complemento alimenticio para escolares, construcción de locales para colegios y postas médicas, así como un intenso programa vial que convierte en carreteras los caminos de herraduras o trochas carrozables.

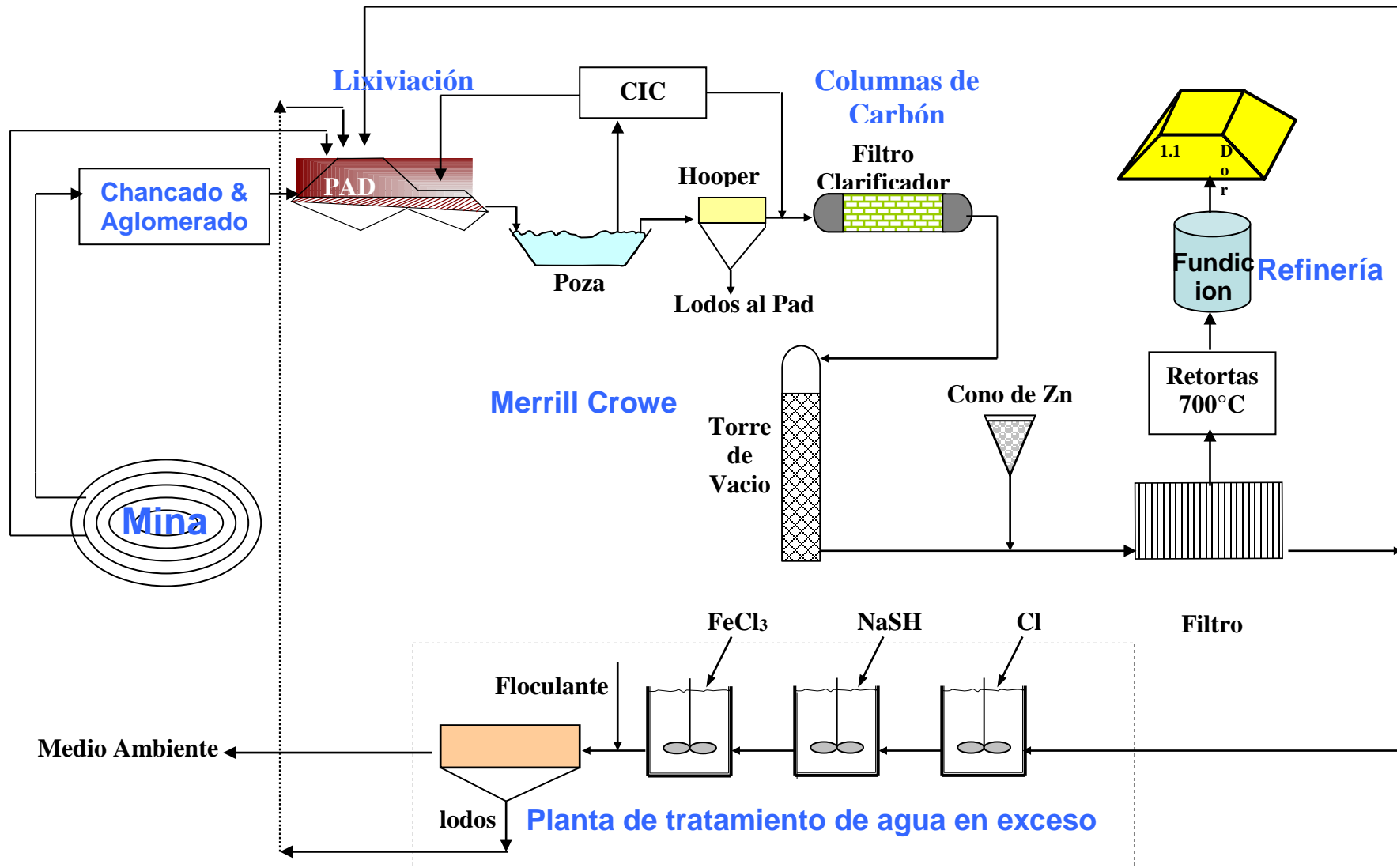
1.8 Descripción general del Proceso Metalúrgico

MYSRL realiza la explotación a tajo abierto del material con contenidos de oro y plata, acarreándose este hasta los pads de Lixiviación, pasando a la etapa de Lixiviación en Pilas en donde se obtiene la solución Rica, la cual es almacenada temporalmente en unas pozas especialmente recubiertas con geomembranas, esta solución contiene concentraciones de oro de 1 a 3 gr/m³. Esta solución luego pasa a la etapa de Recuperación donde se usa el método Merrill Crowe el cual consiste en la precipitación de oro a partir de la solución Rica con polvo de zinc, luego pasa a la etapa de Fundición del precipitado obteniéndose como producto final las barras DORE con un contenido aproximado de 70% de oro y 30% de plata

En época de lluvia cuando existe un exceso de agua en el sistema, funcionan las plantas EWTP (Excess Water Treatment Planta) en Carachugo y Yanacocha las cuales tratan soluciones excedentes por el método de clorinación alcalina para luego ser descargadas al medio ambiente SI Y SOLO SI cumplen con los límites máximos permisibles establecidos.

En Yanacocha, La Quinua y Pampa Larga cuentan con una planta de concentración de soluciones con el proceso de columnas de carbón. El proceso de columnas de carbón tiene como línea de producción normal las siguientes etapas: Adsorción a través de columnas de carbón activado, Lavado ácido, Desorción del carbón y Reactivación del carbón. El objetivo de las plantas de carbón es bajar el inventario de oro.

1.9 Flow Sheet de la planta de procesos metalúrgicos



CAPITULO II

TRATAMIENTO DE SOLUCIONES CIANURADAS

2.1 Historia

Antes de mediados de la década del setenta, la única forma de tratar residuos de la industria minera era la degradación natural de las canchas de relaves. Hasta la fecha este método sigue siendo el más común, aunque ahora con mas frecuencia se complementa con otros procesos.

Dada la importancia que ha adquirido la preservación del medio ambiente muchas instalaciones mineras nuevas y las ya existentes tuvieron que diseñar y construir sistemas de tratamiento para los desechos con contenido de cianuro.

La clorinación alcalina fue el primer proceso químico que se utilizó a escala comercial para tratar el cianuro contenido en los desechos mineros. El siguiente avance significativo fue la introducción del proceso Inco SO_2 – aire. El tercer método que tuvo aceptación comercial fue la oxidación con peroxido de hidrógeno (H_2O_2) desarrollada por Degussa y Du Pont.

En el Perú la eliminación de residuos de cianuro de operaciones mineras se ha realizado exclusivamente por degradación natural, sin embargo en la actualidad prácticamente todas las plantas de cianuración vienen desarrollando algún método de tratamiento de relaves o solución.

2.2 Cianuro

El término cianuro sirve para designar a una familia de compuestos químicos que se caracterizan por la presencia de un átomo de carbono enlazado a un átomo de nitrógeno mediante un enlace triple. La palabra cianuro tiene connotaciones negativas debido a que muchos de sus compuestos presentan propiedades sumamente tóxicas o letales, como lo demuestra su aplicación en venenos.

Generalmente se desconoce que los compuestos de cianuro se encuentran en la naturaleza y en un gran número de plantas alimenticias, entre las que figuran las almendras, cerezas, legumbres, alfalfa, rábanos, repollos, col, coliflor, brócoli y nabos. Las personas suelen entrar en contacto con los compuestos de cianuro a través de alimentos y otros productos, que son eliminados por el hígado, por lo que no llegan a alcanzar concentraciones dañinas para la salud.

La combustión de un gran número de sustancias naturales y sintéticas como la lana, seda, acrílicos y poliuretanos, producen desprendimiento de cianuro de hidrógeno. Se cree que el envenenamiento por cianuro sea una de las principales causas mortales entre las víctimas de los incendios.

Los compuestos de cianuro poseen un gran número de propiedades beneficiosas, lo que ha dado lugar a su producción comercial y aplicación industrial. El cianuro de sodio es el compuesto de cianuro que se utiliza con mayor frecuencia en la industria minera, seguido del cianuro de calcio. El cianuro de sodio se obtiene por reacción del hidróxido de sodio con el cianuro de hidrógeno.

Las concentraciones de los compuestos sintéticos de cianuro que se emplean en los procesos industriales, son mucho más elevadas que aquéllas que se encuentran en la naturaleza y son tóxicas para una serie de organismos. En consecuencia, el empleo industrial de los compuestos de cianuro debe ser controlado, con el fin de evitar su descarga en concentraciones que excedan la capacidad de asimilación del medio ambiente.

EL cianuro, se emplea como depresor de sulfuros de cobre, zinc y pirita en un gran número de plantas que realizan flotación diferencial de minerales sulfurados.

2.3 Química del cianuro y de los complejos del cianuro

Los compuestos de cianuro que pueden presentarse en solución comprenden el ión cianuro, el cianuro de hidrógeno, cianuros simples, cianuro complejos, así como los compuestos que se forman por descomposición, tales como el cianato, tiocianato y amoniaco.

2.3.1 Cianuro de Hidrógeno

El cianuro de hidrógeno (HCN) o ácido cianhídrico es un líquido o gas incoloro con un punto de ebullición de 25.7° C. Se trata de un ácido débil, altamente soluble en agua, con una constante de disociación de

4.365×10^{-10} pKa = 9.35 a 20° según Broderius (1970), para una reacción de equilibrio de: $\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$

En la figura 2 se muestra las concentraciones de HCN y del ión CN^- en función del pH. Sólo el CN^- forma complejos con metales y únicamente el HCN es volátil a partir de soluciones acuosas.

El pKa del HCN disminuye con el aumento de la temperatura, llegando a un pKa = 8.88 a 40° C. A pH = 7.0 y 20° C, más del 99% de cianuro libre se halla presente en la solución en forma de HCN

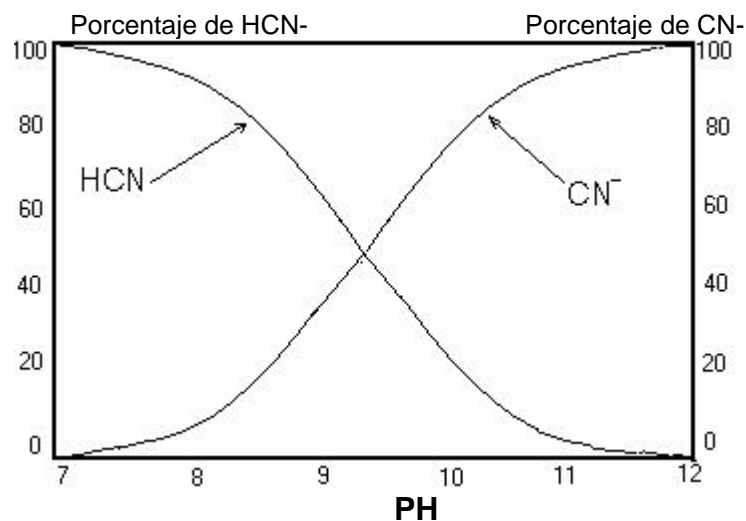


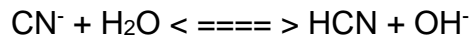
Figura 2. Concentraciones de HCN, CN^- en función del pH

2.3.2 Cianuros Simples

Los cianuros simples están formados por la reacción del cianuro de hidrógeno con una base como NaOH o $\text{Ca}(\text{OH})_2$, los cianuros simples se disocian en agua formando ión cianuro y cationes metálicos solubles:

$$\text{NaCN} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{CN}^-$$

Entonces el CN^- puede hidrolizarse para formar HCN y OH^- , de la siguiente manera:



El cianuro de sodio (NaCN) y el cianuro de calcio ($\text{Ca}(\text{CN})_2$), son cianuros simples que se utilizan comúnmente en el procesamiento de minerales auríferos.

Los metales del grupo de transición pueden formar complejos estables de cianuro en presencia de un exceso de iones cianuro. En los casos donde forman complejos estables de alta coordinación con el catión, es posible que la formación consuma el ión cianuro disponible, dejando una porción del catión para que se hidrolice y precipite como un hidróxido.

2.3.3 Cianuros Complejos

El ión complejo es aquel que contiene un ión central enlazados a otros átomos, iones o moléculas denominados ligantes. Cuando los ligantes son fácilmente separados, se dice que el complejo es inestable, en cambio se le considera estable si los ligantes son difíciles de separar.

Cuando más estable sea un complejo, mayor será la tendencia del metal a mantenerse en solución.

La propiedad química por la cual el ión cianuro es utilizado en aplicaciones industriales, es su capacidad para formar complejos con varios iones metálicos.

La formación de complejos se limita casi totalmente a los metales de transición del bloque de la tabla periódica y sus vecinos como Zn, Cd y Hg (Cotton y Wilkinson, 1972). Se sabe que 28 elementos en diferentes estados de oxidación, pueden formar 72 complejos con el cianuro. La mayoría atómicos, los complejos mixtos como $[M(CN)_5X]^{n-}$, donde X puede ser H₂O, NH₃, CO, NO, H o un halógeno, son bastante conocidos.

La formación de complejos metálicos en una solución de cianuro es un proceso secuencial en la medida en que el metal forma inicialmente un producto de baja solubilidad, el que a su vez reacciona con el ión cianuro excedente para formar un complejo de cianuro soluble y estable.

El grado de formación de complejos solubles esta determinado por la concentración del ión cianuro libre.

2.4 Productos de descomposición y compuestos afines

Los cianuros libres y simples pueden convertirse en cianatos (compuestos que contienen el grupo CNO⁻) cuando se les somete a procesos de oxidación, como ocurre con el tratamiento de efluentes.

Además puede formar tiocianato por efecto de la reacción entre compuestos reducidos de azufre y cianuro.

2.4.1 Cianato: El cianato (CON⁻) es un producto generado durante el procesamiento de minerales, debido a la reacción entre el ión cianuro

libre y el ión cúprico o durante el tratamiento de efluentes que contienen cianuro por medio de un agente oxidante como el peróxido de hidrógeno o el ión hipoclorito.

El cianato puede oxidarse para formar gas nitrógeno y carbonato, siempre que se usen agentes oxidantes fuertes como el cloro (pH 8 a 9, tiempo de reacción de 1.5 horas).

El cianato es estable en condiciones alcalinas pero se descompone en condiciones ácidas para generar amonio.

El cianato se equilibra en el agua para formar el isocianato, que puede reaccionar con varios compuestos orgánicos e inorgánicos.

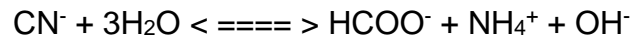
2.4.2 Tiocianato: El tiocianato se forma por la reacción de cianuro, del oxígeno y de sustancias que contienen azufre.

El tiocianato puede ser oxidado químicamente por una diversidad de agentes para formar el cianato. El Cloro y el ozono pueden oxidar totalmente al tiocianato, en tanto los agentes oxidantes con potenciales redox más bajos normalmente no oxidan solo una porción del tiocianato en efluentes, dependiendo del tiempo de residencia y la dosificación. La reacción de oxidación en la que interviene el cloro es:



El cianato generado por la oxidación del tiocianato se hidroliza para formar carbonato y amoníaco.

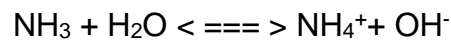
2.4.3 Amoníaco: El cianuro se hidrolizará lentamente en el agua para formar ion formiato y amonio:



Se podría esperar cierta hidrólisis del cianuro y por lo tanto formación de amonio durante la cianuración en los niveles de pH habitualmente utilizados es decir pH=10.5.

Sin embargo, la presencia de amoníaco es mas probable en los desechos que contienen cianuro debido a la hidrólisis del cianato, aunque este mecanismo no se vea favorecido a un pH alto.

En la solución acuosa, el amoníaco libre (NH_3) existe en equilibrio con el ion amonio (NH_4^+)



2.5 Tecnología de Destrucción del Cianuro

Se describe los principales procesos comerciales empleados en la industria minera.

La selección de un proceso de tratamiento para una aplicación en particular depende de los siguientes factores:

Concentración de cianuro en la solución

- Presencia o ausencia de sólidos
- Forma de cianuro en la solución (libre, complejos, metales presentes)
- Concentración de cianuro de hierro en la solución
- Volumen a ser tratado

- Presencia y tipo de otros contaminantes, tales como tiocianuro, amoníaco, arsénico, compuestos orgánicos.
- Costo del tratamiento

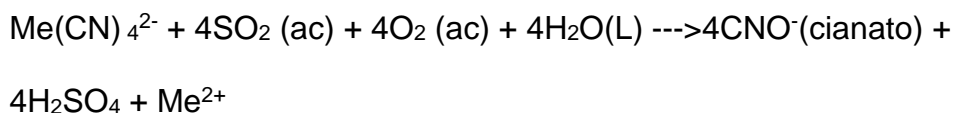
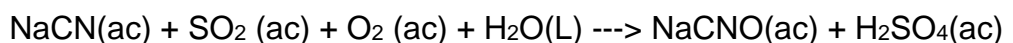
2.5.1 Proceso Inco de Oxidación: SO₂ – aire

El proceso Inco: SO₂-aire para el tratamiento de soluciones cianuradas emplea una combinación de dióxido de azufre y aire en presencia de un catalizador de cobre para oxidar tanto el cianuro libre como los complejos metálicos a cianato.

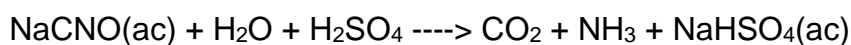
EL rango óptimo de pH es 8 a 10. Se necesita un tiempo de retención mas bajo (de 30 a 45 minutos), pueden aplicarse a soluciones provenientes de canchas de relaves.

El dióxido de azufre convencionalmente, se usa como agente reductor en una serie de procesos químicos y metalúrgicos. El proceso SO₂-aire puede describirse por medio de la reacción general, la cual requiere de la presencia de un catalizador de cobre:

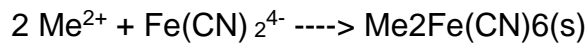
- Oxidación :



Donde: Me = Au, Ag, Zn, Cu, Fe, Ni, Cd, etc.



- Neutralización: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 \text{ ----> CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
- Precipitación: $\text{Me}^{2+} + \text{Ca(OH)}_2 \text{ ----> Me(OH)}_2\text{(s)} + \text{Ca}^{2+}$



Razón $\text{SO}_2/\text{CN} = 2.46 \text{ kg/kg}$

Alimentación : $[\text{CN}] = 250\text{-}400 \text{ ppm}$.

Efluente : $[\text{CN}] = 0.2\text{-}5 \text{ ppm}$

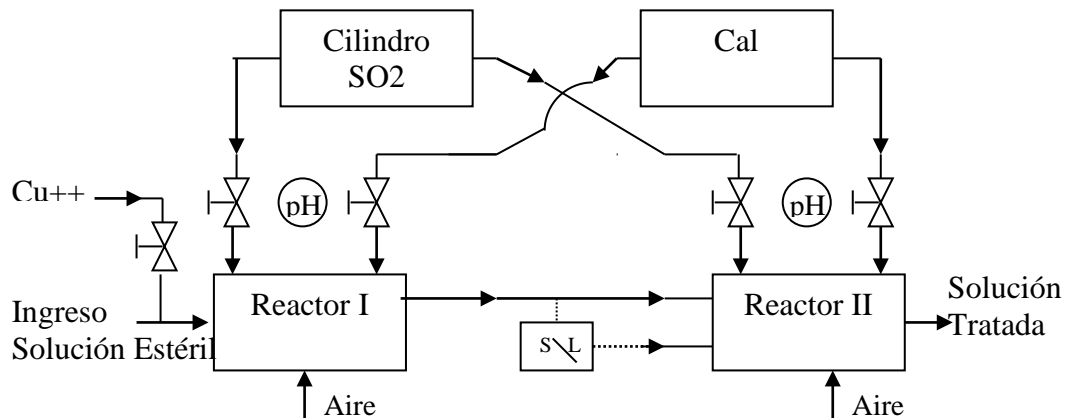
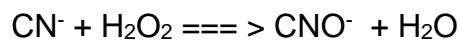


Figura 3. Proceso INCO SO_2/aire

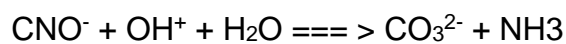
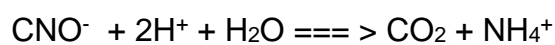
2.5.2 Oxidación con peróxido de hidrógeno

Este proceso se empezó a aplicar a mediados de los años ochenta. El peróxido de hidrógeno es un reactivo "limpio", y oxida al cianuro sin la formación de compuestos intermedios.

Oxidación del ión cianuro:

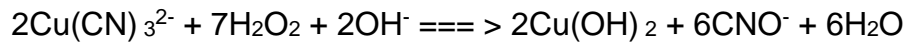


Hidrólisis del ión cianato esta en función del pH, produciéndose las siguientes reacciones:

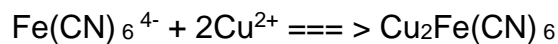


El peróxido de hidrógeno oxida tanto cianuros libres y complejos de ligadura débil o sea compuestos disociables de ácido débil tales como: CN^- , HCN , $\text{Cd}(\text{CN})_2^{2-}$, $\text{Zn}(\text{CN})_2^{2-}$, $\text{Cu}(\text{CN})_2^{2-}$, $\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}$ y $\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-}$.

Por ejemplo se tiene:



Por el contrario, el aurocianuro, ferro y ferricianuros no son oxidados por el peróxido de hidrógeno. El ion ferrocianuro puede separarse de la solución, si se desea, por precipitación con iones cobre o hierro:



El peróxido de hidrógeno es un reactivo ideal para la destrucción de cianuros, debido a sus excelentes propiedades ambientales. El excedente de peróxido no usado se descompone fácilmente en agua y oxígeno.

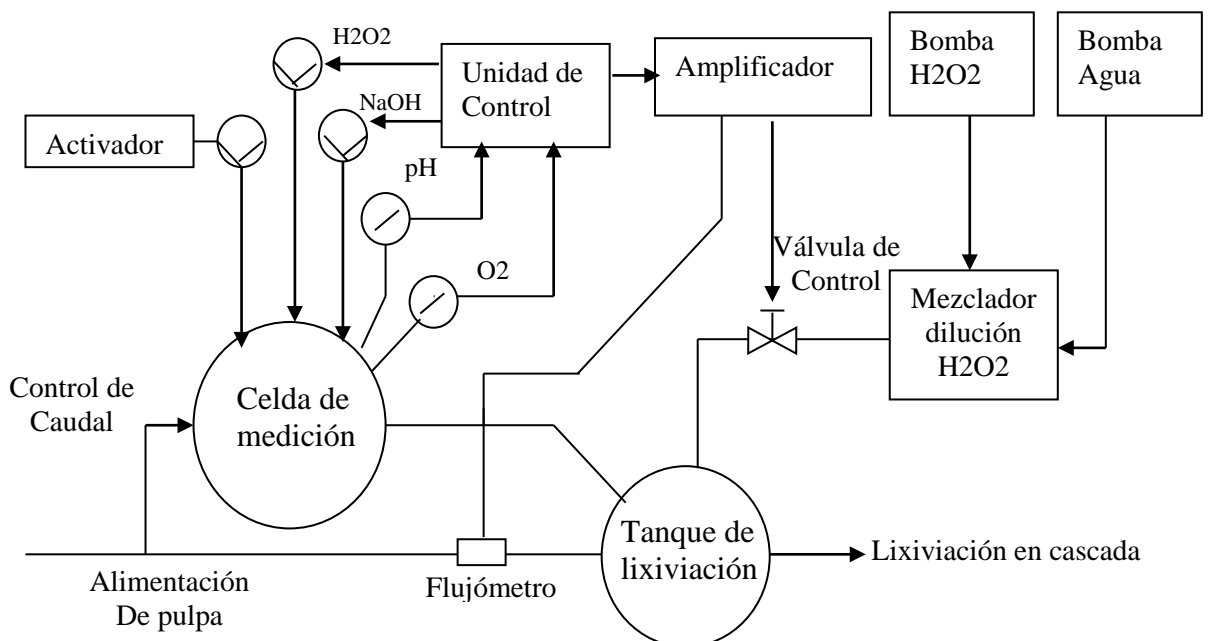
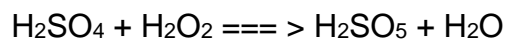


Figura 4. Flujograma para la destrucción de cianuro con peróxido de hidrógeno

2.5.3 Oxidación con el ácido de CARO

La destrucción del cianuro se realiza por oxidación con el ácido de CARO, que es una mezcla de peróxido de hidrógeno y el ácido sulfúrico. Este proceso está siendo aplicado para la detoxificación de efluentes y pulpas que contienen cianuro procedentes de plantas de lixiviación de minerales de oro.

El ácido de caro o denominado también peroxidomonosulfúrico, es un potente oxidante mucho más que el peróxido de hidrógeno, cuya reacción es muy exotérmica.



Además de ser un oxidante líquido totalmente fácil de mezclar y dosificar, no produce contaminación debido a su descomposición en agua y oxígeno

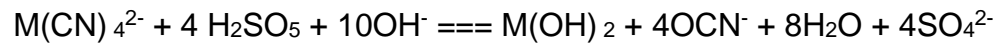
Química de la reacción

El ácido de caro es una solución líquida (H_2SO_5), es un potente agente oxidante y posee mayor estabilidad a la descomposición catalítica por transporte de iones metálicos especialmente orientados por la elevada temperatura que se produce y esto conlleva a tener una alta eficiencia en términos de consumo de oxidante.

La oxidación química del cianuro libre se lleva a cabo según la reacción:



Y para una oxidación de cianuro WAD (complejos débiles) donde existe presencia de Cu, Zn, Pb, etc; ocurre de acuerdo a la siguiente reacción:



La hidrólisis del cianato da como resultado la formación de amoníaco y carbonato:

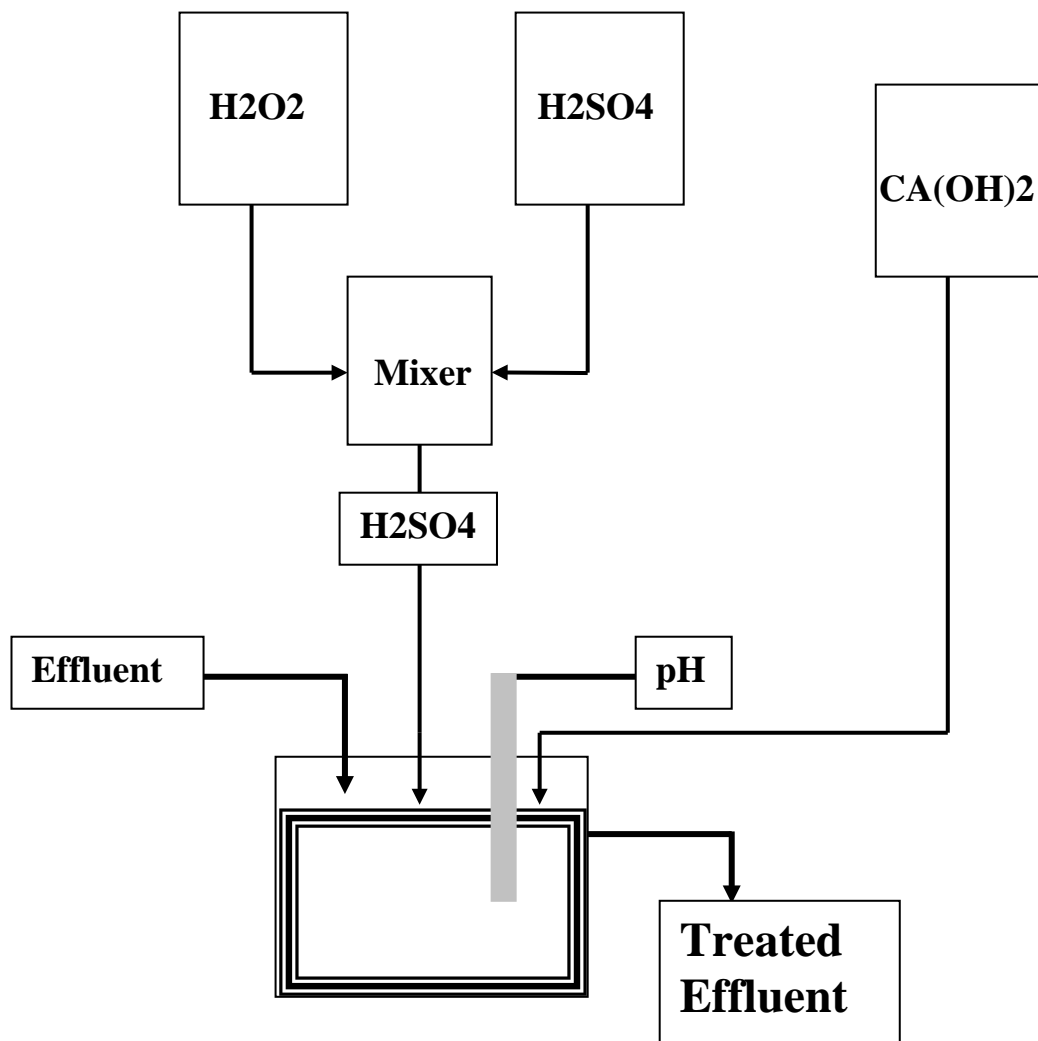
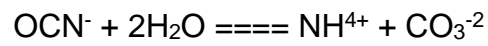


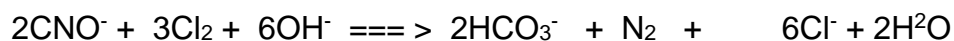
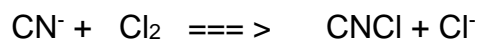
Figura 5. Proceso de para la destrucción de cianuro con ácido Caro

2.5.5 Clorinación Alcalina

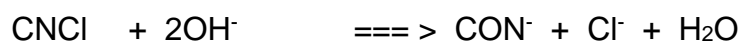
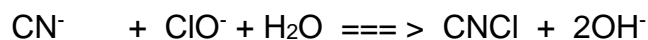
El proceso de clorinación alcalina oxida el cianuro libre y/o complejos metálicos a dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂), y causa la precipitación de metales pesados como hidróxidos

El uso de gas cloro o hipoclorito para el tratamiento de efluentes con cianuro, ha logrado un alto desarrollo y experiencia industrial.

Utilizando cloro las reacciones involucradas son:



▪ Con hipoclorito, las reacciones son:

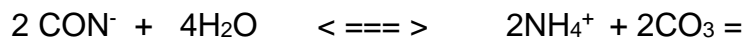
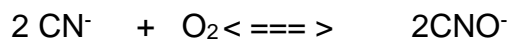


En general, este proceso es muy rápido y simple, sin embargo, presenta riesgos de obtener efluentes con cierta toxicidad por los productos clorurados y tornarse caro debido al alto consumo de reactivos en ciertos casos

2.5.4 Degradación Natural

La degradación natural puede definirse como la remoción de cianuro y de complejos metal cianuro por medio físicos/químicos naturales, a través de una exposición prolongada a elementos naturales.

En general, los procesos químicos son muchos más rápidos que los naturales e involucran mayores costos operacionales e inversión.



Este comportamiento químico del ión cianuro de inestabilidad en ambientes naturales, lo hacen desagradable a sustancias no tóxicas.

Las fuerzas ambientales promotoras de la degradación natural incluye:

- Foto descomposición por radiación solar.
- Acidificación por el CO₂ del aire.
- Oxidación por el oxígeno atmosférico.
- Biodegradación.

En general, la degradación natural se acelera a condiciones mayores de: temperatura, radiación y aireación.

CAPITULO III

PLANTA DE TRATAMIENTO DE EXCESO DE AGUA (EWTP = Excess Water Treatment Plant)

3.1 Esquema del proceso de extracción del oro en circuito cerrado de lixiviación

En el manejo adecuado de las soluciones con cianuro, se evita cualquier contacto de esta solución con el medio ambiente, pues, por su contenido de metales, podría producir un impacto negativo. El diseño considera el control de probables inconvenientes.

Sólo después que esta agua es tratada es derivada hacia el medio ambiente previo control exhaustivo de las condiciones del agua para verificar la calidad adecuada, es decir que los valores estén por debajo de los límites permisibles

Esta solución, como puede apreciarse en la Figura 6., es usada en circuito cerrado, es decir, un volumen determinado de solución se usa una y otra vez .La situación cambia en la temporada de lluvias, pues se incrementa el volumen de solución

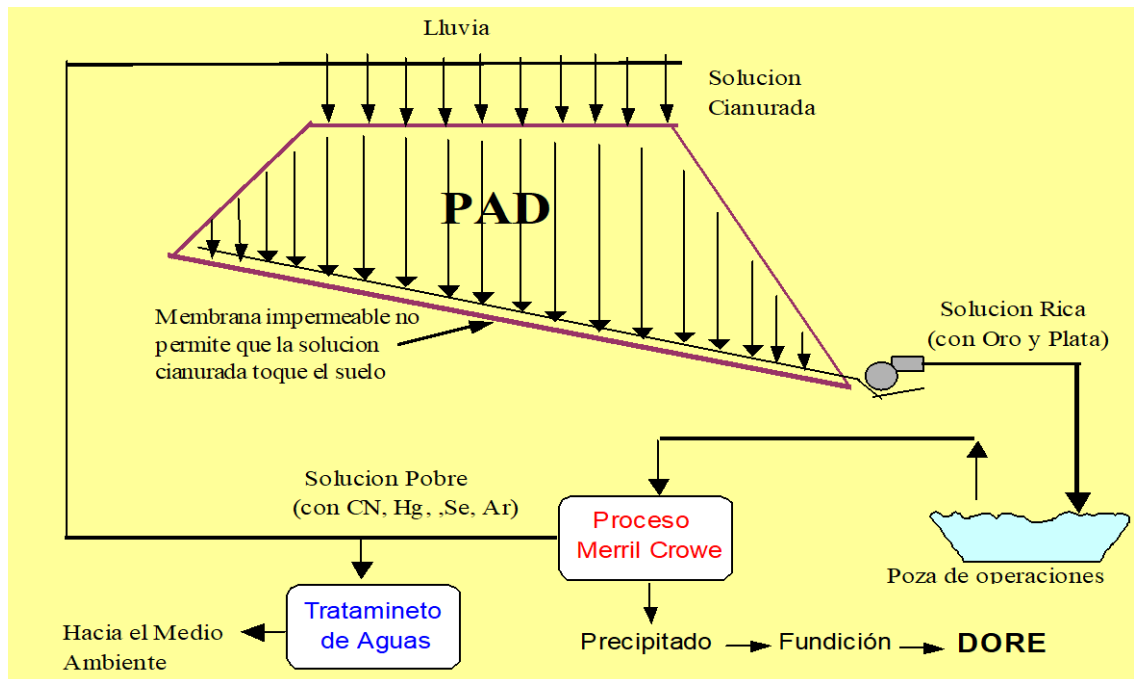


Figura 6. Circuito cerrado de lixiviación

cianurada en el sistema. Esto, debido al ingreso de agua sobre las pilas de lixiviación y las pozas y es considerable dadas las grandes superficies existentes. El exceso de solución o agua se elimina previo tratamiento para eliminar o disminuir la concentración de cianuro y metales por debajo de los límites permisibles cumpliendo holgadamente con los límites establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), ya que usamos y cumplimos con las normas de la Corporación Newmont, que son mucho más exigentes.

3.2 Etapas del tratamiento de agua

La planta de Tratamiento de Efluentes (EWTP) de Yanacocha fue diseñada para eliminar cianuro y eliminar los metales pesados contenidos en la solución para que cumpla con los límites permisibles.

El proceso tiene tres etapas definidas:

- Eliminación del cianuro
- Precipitación de metales
- Separación sólido líquido

Para la primera etapa se usa cloro gaseoso. Este genera pH ácido y es controlado mediante el uso de cal en forma de lechada. La siguiente etapa del proceso consiste en la precipitación de metales pesados mediante el método de sulfuro soluble (SSP) usando hidrosulfuro de sodio (NaSH). Luego en la etapa final, al precipitado formado se agrega cloruro férrico como coagulante y el floculante aniónico A-110. La solución con metales precipitados ingresa por la parte central del Reactor – Clarificador y necesariamente atraviesa la cama de sólidos, produciéndose la filtración. El rebose del clarificador es el agua cristalina.

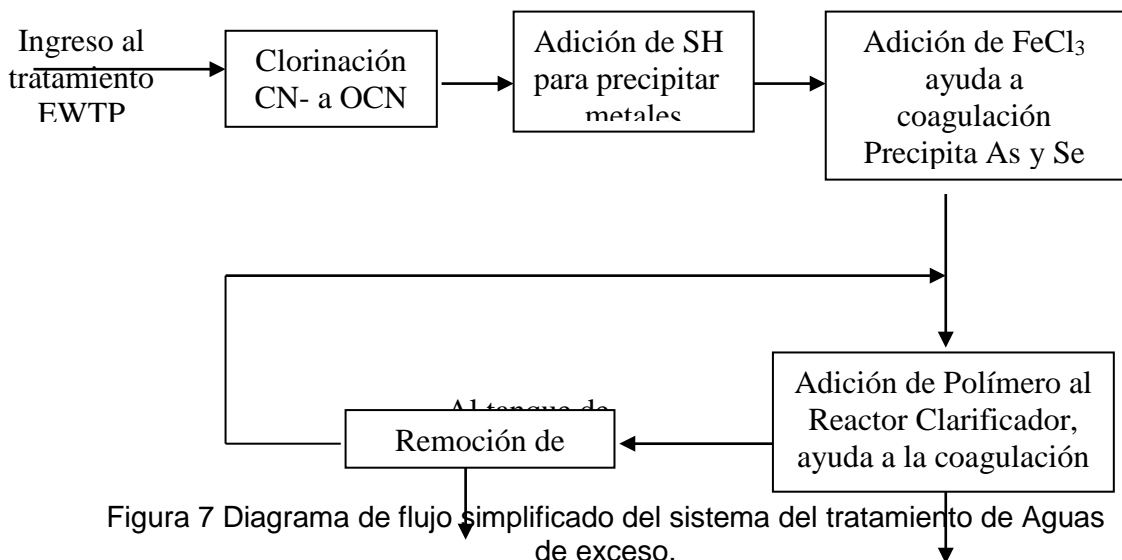


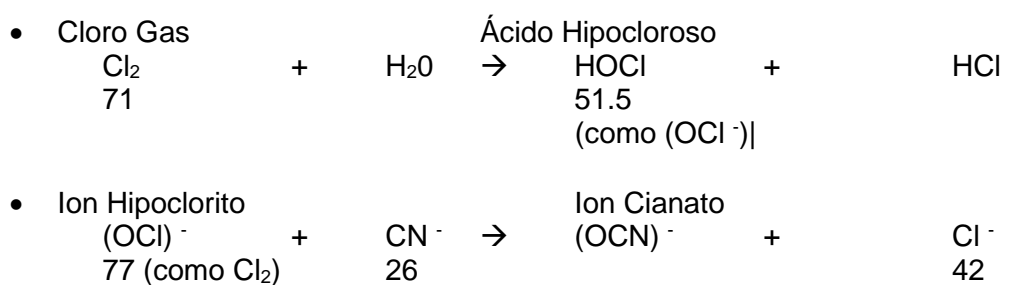
Figura 7 Diagrama de flujo simplificado del sistema del tratamiento de Aguas de exceso.

Las plantas están diseñadas para regular el pH y eliminar la presencia de cianuro y metales mediante adición de reactivos en las diferentes etapas que tiene el tratamiento:

3.2.1 Clorinación: La solución es atacada con gas cloro, el cual convierte el cianuro a cianatos, que son compuestos no tóxicos. Esta reacción hace que el pH de la solución baje drásticamente, siendo necesaria la neutralización de la solución por lo que agregamos lechada de cal para mantener el pH entre 10 y 10.5.

El cloro gaseoso se disuelve en agua y es usado para convertir el cianuro a cianato no tóxico según las reacciones siguientes:

(Nota: Los pesos de las especies que reaccionan se dan bajo las especies de interés. El peso de la reacción del Hipoclorito con el cianuro se da como el valor del cloro original.)



La proporción de Cl_2/CN^- es $71/26 = 2.73$. Este es el valor estequiométrico. En la práctica se requerirá más cloro, $3/1$ por lo menos.



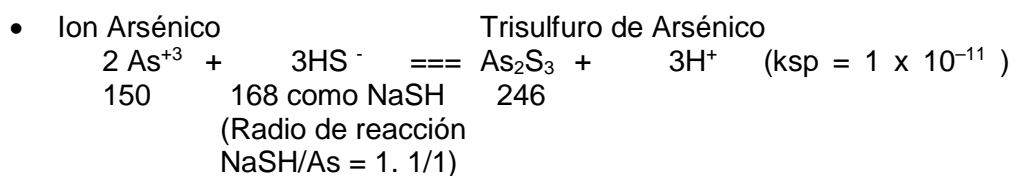
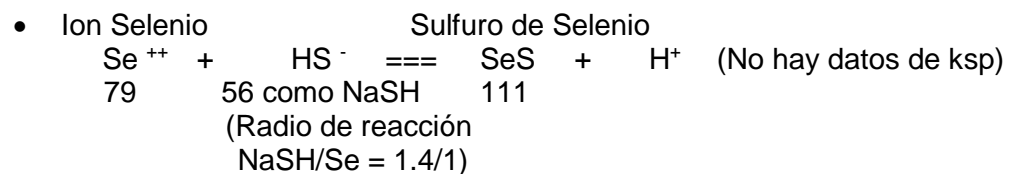
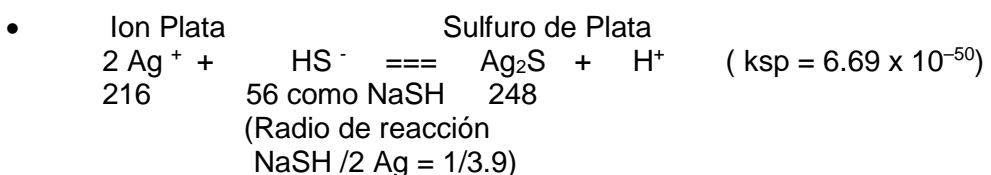
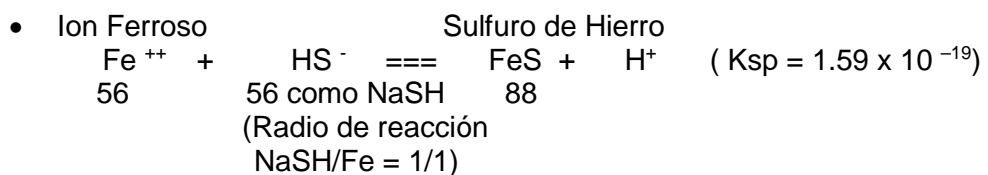
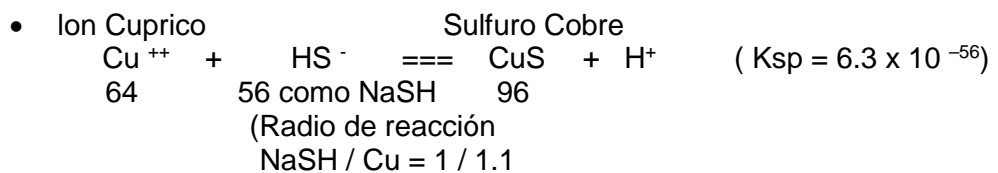
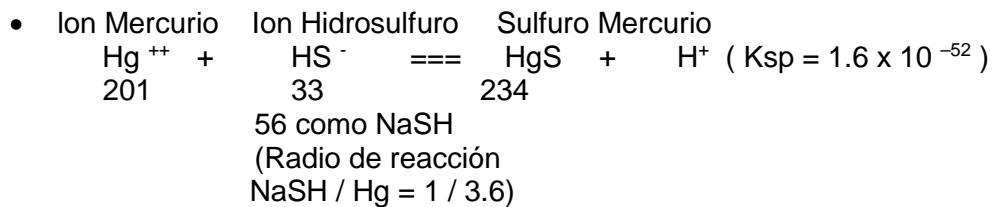
Figura 8. Tanques para la Destrucción de Cianuro

3.2.2. Precipitación: Los metales están disueltos en el agua. Para poder separarlos se requiere tenerlos en estado sólido. Por eso son precipitados utilizando el hidrosulfuro de sodio (NaSH), el cual reacciona con el mercurio, cobre, hierro, plata, zinc, selenio y arsénico (además de otros metales), formando sulfuros insolubles que son partículas sólidas.

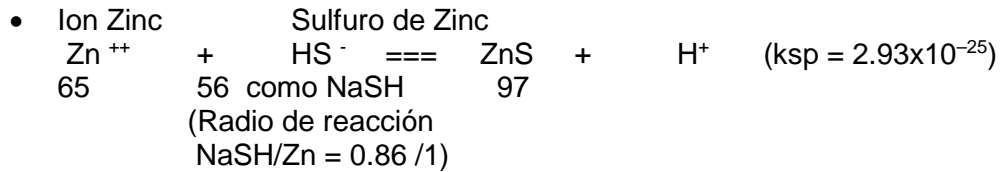
El Hidrosulfuro reacciona con iones de metal para formar sulfuros de metal insolubles según las reacciones siguientes:

k_{sp} es la constante de solubilidad de cada sulfuro de metal mostrado.

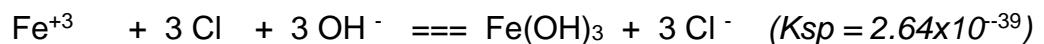
(Nota: Los pesos de los reaccionantes se dan bajo las especies de interés)



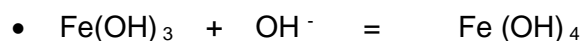
Note: As_2S_3 es soluble en soluciones alcalinas. El pH es crítico para su remoción.



3.2.3. Coagulación: Los precipitados formados (partículas sólidas) deben mantenerse juntos. Se utiliza el cloruro férrico para formar a pH alcalino el hidróxido férrico, $Fe(OH)_3$, que ayuda a la coagulación. El cloruro férrico reacciona en soluciones alcalinas para formar principalmente hidróxido férrico, $Fe(OH)_3$; que actúa como una ayuda de coagulación en la precipitación del sulfuro del metal formado con NaSH mostrada en las reacciones químicas anteriormente. Ha habido también trabajos que indican la formación de complejos del hidróxido férrico que pueden mejorar la remoción del arsénico y otros metales. Las reacciones de cloruro férrico para formar hidróxidos y complejos del hidróxido son:



Nota.– El hidróxido Férrico es un compuesto insoluble que ayuda a la precipitación con la coagulación, incrementando el tamaño de la partícula y mejorando las proporciones establecidas.





3.2.4. Sedimentación: Para separar el precipitado del agua, se adiciona un floculante a la solución cuya función es juntar las partículas sólidas finas y formar partículas más grandes para que por su propio peso se dirijan hacia abajo. A esto se le llama sedimentación. De esta manera, la concentración de los metales en la solución disminuye hasta cumplir con los límites permisibles de la descarga. La masa formada por las partículas sólidas se denomina “lodo” y es bombeado a un tanque (tanque de lodos) para retornarlo, también por bombeo, a la pila de lixiviación para mantener los metales precipitados dentro del sistema (no se envían al medio ambiente).



La solución libre de cianuro y metales con calidad por debajo de los límites permisibles, es descargada al medio ambiente.



Figura 11. Clarificación y filtración del agua y separación de lodos

3.3 Descripción del proceso de tratamiento de las aguas excedentes

En Pampa Larga se cuenta con 2 plantas EWTP, estas se encuentran ubicadas dentro del complejo de operaciones al Norte de la planta de recuperación Merrill Crowe. Dichas plantas tienen una capacidad de 500 m³/hora cada una y han sido diseñadas para tratar el exceso de agua en el proceso proveniente de los Pilas de lixiviación de Carachugo, Maqui Maqui principalmente y Yanacocha y La Quinoa por medio del sistema interconectado de tuberías.

El proceso de la EWTP utiliza el método de clorinación alcalina, el cloro detoxifica el cianuro, la adición de sulfhidrato de sodio permite remover los metales y precipitarlos como sulfuros, cloruro férrico y el floculante tiene como finalidad la separación sólido líquido en el reactor clarificador reteniendo los sólidos, los cuales son enviados a la Pila de Lixiviación.

En el área de Yanacocha se cuenta con 3 plantas EWTP, estas se encuentran ubicadas dentro del complejo de la planta de procesos de Yanacocha Norte. La descarga aprobada del agua tratada de dichas plantas se hace finalmente hacia quebrada Honda en el punto de descarga denominado DCP1 el mismo que es usado como punto de descarga de las plantas EWTP de Pampa Larga. Las plantas EWTP de Yanacocha tienen una capacidad de 500 m³/hora cada una. Las plantas de tratamiento han sido diseñadas para tratar el agua proveniente de los Pilas de lixiviación de Yanacocha y La Quinoa principalmente y de Carachugo y Maqui Maqui por medio del sistema interconectado de tuberías existente.

El proceso comienza con el bombeo de la solución de las pozas proveniente de los pilas de lixiviación hacia el tanque de detoxificación. La teroxificación de la solución barren se hace mediante la inyección de gas cloro. Este gas es introducido al sistema por medio de presión de vacío (creado por una línea de solución barren) la cual hace que el cloro se disuelva y pueda entrar al proceso. El tanque de detoxificación tiene 100 m³ de capacidad, aquí es importante controlar el pH, puesto que la reacción es eficiente a un pH entre 9.5 y 10.5. se utiliza la lechada de cal para controlar el pH. Luego la solución tratada pasa por rebose al tanque de precipitación de metales (100 m³ de capacidad) en donde se agrega hidrosulfuro de sodio (NaSH) en solución, con el fin de precipitar los metales disueltos en la solución, principalmente el mercurio.

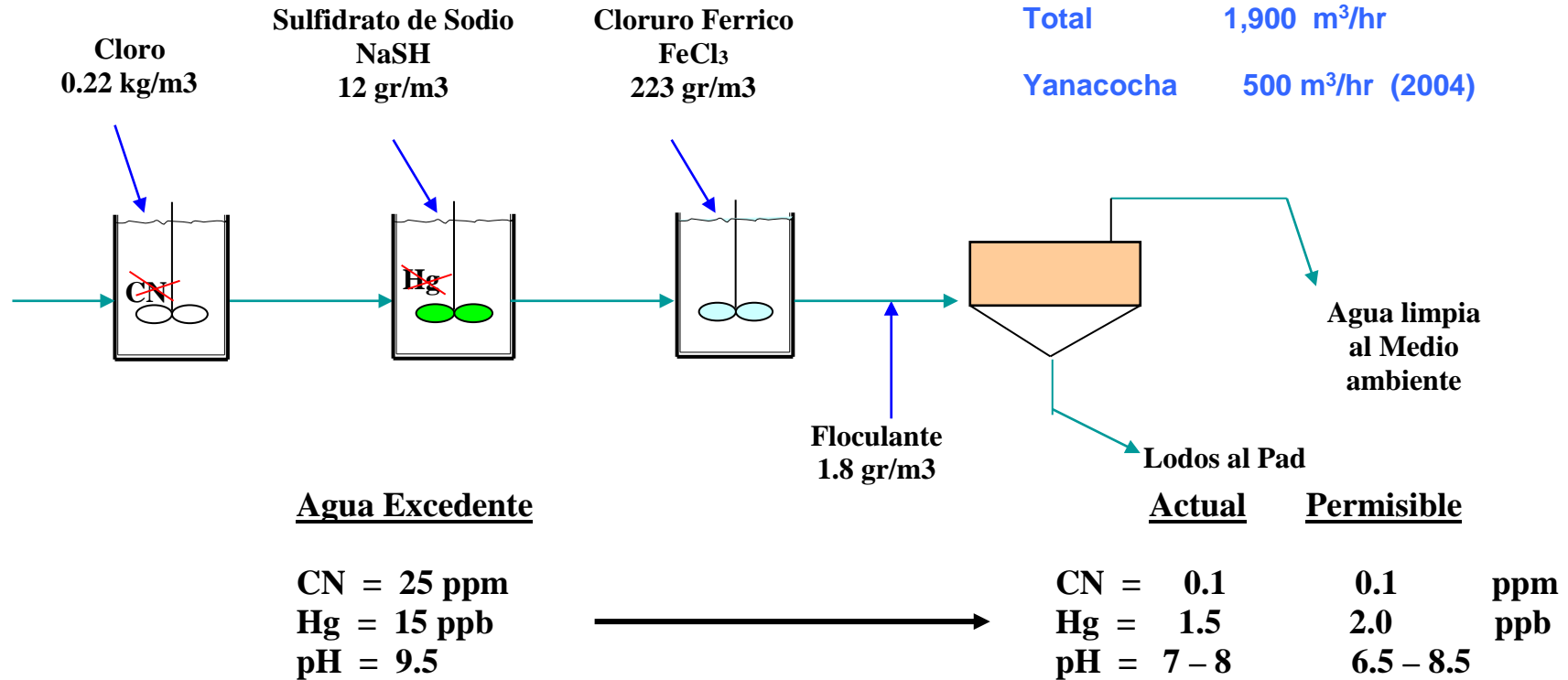
Después de esta etapa la solución tratada pasa a un tercer tanque (100 m³ de capacidad) en donde se agrega cloruro férrico (FeCl₃) en solución con el fin de ayudar a estabilizar los sulfuros precipitados dado que es un coagulante. Cada tanque tiene un tiempo de residencia de 10 minutos (aprox.) para un flujo de 500 m³. La última etapa del proceso es la clarificación del agua tratada, la cual se hace en un reactor clarificador de 22.5m de diámetro. En esta etapa se le agrega floculante aniónico a fin de separar los sulfuros precipitados del agua tratada. Los sólidos se descargan del reactor en forma de lodos, los cuales son bombeados al tanque de lodo de la planta Merrill Crowe y de ahí es descargado al pad de lixiviación.

El agua tratada y clara (sin sólidos en suspensión) pasa por rebose a una piscina, en donde es bombeada al medio ambiente, si es que cumple con las normas que establece y exige el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Organismo Mundial de Salud (OMS) en cuanto a límite de descargas permisibles. Si la calidad del agua no es la adecuada, el agua es retornada nuevamente al sistema mediante la poza de menores eventos.

Flow Sheet de la planta de tratamiento de agua en exceso

Capacidad :

Carachugo	900 m ³ /hr
Yanacocha	1,000 m ³ /hr
Total	1,900 m³/hr
Yanacocha	500 m ³ /hr (2004)



Capítulo IV

PLAN DE MANEJO DE FLUIDOS (FMP)

Plan de Manejo de Fluidos (Fluid Management Plan, FMP) ha sido elaborado de conformidad con los más altos estándares de manejo ambiental de Newmont, Minera Yanacocha (MYSRL), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y los requerimientos legales y regulaciones aplicables vigentes.

Los requerimientos aplicables de estas normas, a las que se hace referencia en el presente FMP, son los siguientes:

- 1) Minera Yanacocha S.R.L, no permitirá la descarga de sustancia alguna o descarga de agua con características que estén fuera de los límites permisibles establecidos de MYSRL y el Ministerio de Energía y Minas desde el Sistema de Manejo de Fluidos de MYSRL hacia las aguas subterráneas y superficiales.
- 2) Minera Yanacocha S.R.L. operará y mantendrá en forma adecuada los componentes del sistema de manejo de fluidos. Implementadas en las instalaciones de Carachugo, Maqui Maqui, Cerro Yanacocha y La Quinoa

4.1 Objetivos

El objetivo del Plan de Manejo Fluidos es identificar, prevenir, controlar y corregir posibles fugas de solución de las diferentes instalaciones de procesos que componen el FMP (Plan de Manejo de Fluidos)

El plan de Manejo de Fluidos nos dará información oportuna para tomar decisiones oportunas.

4.2 Componentes del plan de manejo de fluidos.

Los componentes de Carachugo, Maqui Maqui, Cerro Yanacocha y la Quinoa son:

- Pila de Lixiviación
- Tuberías Colección de Solución y Canales de Transferencia
- Poza de Operaciones
- Poza de Menores Eventos
- Poza de Tormentas
- Poza de Agua Cruda
- Poza de Amortiguamiento (Buffer Pond)

4.3 Responsabilidades

Las responsabilidades en el FMP se dividen en:

Área de Monitoreo: Es la encargada del monitoreo de todas las estaciones del Plan de Manejo de Fluidos, evaluar los resultados del monitoreo, verificar su cumplimiento con los estándares de la USEPA

Área de Mantenimiento: Es la encargada del mantenimiento de los componentes FMP, además, realiza inspecciones y reportes semanales para verificar el estado de las instalaciones.

4.4 Monitoreo en el plan de manejo de fluidos

- **Monitoreo de los Sistemas LCRS (Leak Collection and Recovery System)**

Los LCRS son sistemas de colección y recuperación de fugas las cuales se encuentran entre las capas de geomembranas de las pozas plastificadas que contienen solución de cianuro de sodio y aguas excedentes, estas son La Poza de Operaciones, La Poza de Menores Eventos, la poza de Mayores Eventos, la Poza de Agua de Tormentas, la poza de Agua Cruda y los sumps colectores de solución de las pilas de lixiviación. Los análisis se realizan por perfil completo de FMP el cual consiste en: Flujo, Cianuro Wad, Mercurio, pH y Conductividad.

- **Monitoreo de los Subdrenes**

Los Subdrenes son sistemas de colección de filtraciones naturales de aguas subsuperficiales que drenan por debajo de las instalaciones, estas se encuentran debajo del sistema de capas impermeables de las pilas de lixiviación y las pozas plastificadas. Los análisis se realizan por perfil completo de FMP el cual consiste en: Flujo, Cianuro Wad, Mercurio, pH y Conductividad con una frecuencia semanal, cabe mencionar que los flujos de los drenajes superficiales se reportan en l/min.

- **Monitoreo de los Pozos de Agua Subterránea**

Los pozos son sistemas de monitoreo de las aguas subterráneas que drenan por debajo de las instalaciones. Estos pozos se encuentran instalados gradiente arriba y debajo de las instalaciones de procesos con el fin de asegurar que el potencial de los impactos sobre la calidad del agua subterránea desde las instalaciones sea detectado y mitigado oportunamente.

- **Monitoreo Regular de Pozos**

Se ejecutará un monitoreo regular con una frecuencia trimestral cuando las instalaciones presentan condiciones normales de operación y los valores de los análisis se encuentren dentro de los estándares de MYSRL.

- **Monitoreo Extraordinario de Pozos**

Se ejecutará un monitoreo extraordinario con una frecuencia mensual cuando los valores de CN WAD y Hg se encuentren por encima de los estándares de MYSRL

- **Monitoreo de Agua Superficial**

Se ejecutará un monitoreo de agua superficial por CN WAD, Hg y Ph, como parte de Plan de Manejo de Fluidos, frente a la ocurrencia de derrames de solución cianurada que puedan haber alcanzado cuerpos naturales de agua superficial (ríos, quebradas, pozas, canales), dicho monitoreo se ejecutará con la frecuencia y cantidad necesaria tal que garanticen un adecuado

seguimiento de la influencia del impacto y sus respectivas medidas de control

- **Monitoreo de cuerpos de aguas superficiales inmediatamente aguas abajo**

Se implementará un monitoreo extraordinario mínimo en forma diaria de CN WAD y Hg en cuerpos de aguas superficiales ubicados inmediatamente aguas abajo si existe evidencias de posible fuga por rotura de geomembrana u otra condición inusual significativa. La frecuencia de monitoreo podría incrementarse si las condiciones lo requieren.

- **Monitoreo de Solución Cianurada Rica y Solución Cianurada Pobre**

Este tipo de muestreo se realiza a las soluciones Rica y Pobre, en la entrada y salida de la Planta Merrill Crowe de Pampa Larga y Yanacocha Norte y en las pozas de operaciones y menores eventos con una frecuencia trimestral.

4.5 Procedimiento de muestreo de campo

Controlar la concentración de elementos contaminantes que pueden haber en los efluentes, controlando que estén por debajo de los límites permisibles para poder desecharlos al medio ambiente, en este control se analizan principalmente el Hg, CN, pH, conductividad.



Figura 12. Muestreo de campo

Preparación para el viaje de campo

En este paso se debe limpiar y calibrar todos los equipos, los reactivos y soluciones buffer deberán estar frescos y completos, los recipientes de muestras ordenados (limpiados de acuerdo a los estándares).

Toma de muestras

La muestra se tiene que tomar con mucho cuidado para que no se produzca contaminación alguna. También se tiene que asegurar que la muestra se colecte de manera segura sin representar un riesgo para el técnico.

Mediciones de campos

Existe un número de parámetros que deberá medirse in situ o inmediatamente después de la toma de muestra, incluyendo pH y conductividad.

Implementos de seguridad para el muestreo de campo

Casco, lentes, guantes quirúrgicos, botas, mameluco, ropa impermeable, chaleco

Equipos y materiales de campo

Conductímetro, pHmetro, bafle, cooler, frasco de plástico, picetas, plumones, cuaderno de apuntes, lista de puntos, reactivos para preservar las muestras, etc.

Procedimiento de muestreo

El control de manejo de Fluidos se inicia con el muestreo en camioneta por todos los puntos de las principales minas de Carachugo, Maqui-Maqui, Cerro Yanacocha y La Quinoa codificados de la siguiente manera:

En cada punto de colección de la muestra se mide el flujo del efluente o poza, se toma dos muestras iguales y se mide los valores de pH y conductividad, las muestras dobles se codifican y preservan para luego analizarlas en laboratorio los ppm de cianuro libre y los ppb de mercurio, el control de flujo, pH y conductividad se anota en un cuaderno codificado como FMP, para su control.

CARACHUGO		
SAMPLE	I.D.	NAME
C - 01	CSP – 2	Carachugo Sludge Pond Lower LCRS
C - 02	CSP – 1	Carachugo Sludge Pond Upper LCRS
C - 03	CPP - 1S	Carachugo Polishing Pond South Section Upper LCRS
C - 04	CPP - 2S	Carachugo Polishing Pond South Section Lower LCRS
C - 05	CPP - 1N	Carachugo Polishing Pond North Section Upper LCRS
C - 06	CPP - 2N	Carachugo Polishing Pond North Section Lower LCRS
C - 07	CEWP – 1	Carachugo Excess Water Pond Lower LCRS
C - 08	CUEWP	Carachugo Underdrain Excess Water Pond North
C - 09	CULPC – 1	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 1
C - 10	CULPD – 2	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 2
C - 13	CULPB – 1	Carachugo Underdrain Leach Pad North, Stage 1
C - 14	CULPA – 1	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 1
C - 15	COP – 1	Carachugo Operating Pond Upper LCRS
C - 16	COP – 2	Carachugo Operating Pond Lower LCRS
C - 17	Cchannel LCRS - 1	Carachugo Solution Channel LCRS
C - 18	CMEP – 1	Carachugo Minor Events Pond Upper LCRS
C - 19	CMEP – 2	Carachugo Minor Events Pond Lower LCRS
C - 20	CUOP	Carachugo Underdrain Operating Pond
C - 21	CUMEP	Carachugo Underdrain Minor Event Pond
C - 22	CSWP – 2	Carachugo Storm Water Lower LCRS
C - 23	CSWP – 1	Carachugo Storm Water Pond Upper LCRS
C - 24	CUSWP	Carachugo Underdrain Storm Water Pond
C - 25	CULPE - 2	Carachugo Underdrain Leach Pad South, Stage 2
C - 26	Cchannel LCRS - 3	Carachugo Solution Channel LCRS
C - 27	CSump LCRS - 3	Carachugo Sump LCRS (outlet into Stage 3 I)
C - 28	CULPF - 3	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 3
C - 29	CULPG - 3	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 3
C - 30	CULPH - 4	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 4
C - 31	CULPI – 4	Carachugo Underdrain Leach Pad West, Stage 4
C - 32	CSWP	Carachugo Storm Water Pond
C - 33	CSump LCRS - 5	Carachugo Sump LCRS 5 (outlet into stage 1)
C - 34	CULPJ - 5	Carachugo Underdrain Leach Pad Stage 5
C - 35	CULPK - 5	Carachugo Underdrain Leach Pad Stage 5
C - 36	CULPL-6	Carachugo Underdrain Leach Pad Stage 6
C - 37	CULPM-7	Carachugo Underdrain Leach Pad Stage 7
C - 38	CULPN-7	Carachugo Underdrain Leach Pad Stage 7

Figura 13. Tabla de los principales puntos de muestreo – Carachugo

MAQUI-MAQUI		
SAMPLE	I.D.	NAME
M - 01	MUMEP - 2	Maqui Underdrain Minor Event Pond West
M - 02	MUOP	Maqui Underdrain Operating Pond
M - 03	MUSWP - 2	Maqui Underdrain Storm water Pond South
M - 04	MULPA - 1	Maqui Underdrain Leach Pad, Stage 1
M - 05	MUMEP - 1	Maqui Underdrain Minor Event Pond East
M - 06	MUSWP - 1	Maqui Underdrain Storm water Pond North
M - 07	MMEP – 2	Maqui Minor Events Pond Lower LCRS
M - 08	MMEP – 1	Maqui Minor Events Pond Upper LCRS
M - 09	MOP – 1	Maqui Operating Pond Upper LCRS
M - 10	MOP – 2	Maqui Operating Pond Lower LCRS
M - 11	MSump LCRS-1	Maqui Sump LCRS, Stage 1
M - 12	Mchannel LCRS - 1	Maqui Solution Channel LCRS
M - 13	MULPB – 2	Maqui Underdrain Leach Pad, Stage 2
M - 14	MSWP	Maqui Storm Water Pond

Figura 14. Tabla de principales puntos de muestreo – Maqui Maqui

YANACOCHA NORTE		
Y - 01	CYSump LCRS-1	Cerro Yanacocha Sump LCRS, Stage 1
Y - 02	CYULP – A	Cerro Yanacocha Underdrain Leach Pad, Stage 1
Y - 03	CYULP – B	Cerro Yanacocha Underdrain Leach Pad, Stage 1
Y - 04	CYULP – C	Cerro Yanacocha Underdrain Leach Pad, Stage 1
Y - 05	CYOP – 1	Cerro Yanacocha Operating Pond Upper LCRS
Y - 06	CYOP – 2	Cerro Yanacocha Operating Pond Lower LCRS
Y - 07	CYMEP – 1	Cerro Yanacocha Minor Events Pond Upper LCRS
Y - 08	CYMEP – 2	Cerro Yanacocha Minor Events Pond Lower LCRS
Y - 09	CYUOP	Cerro Yanacocha Underdrain Operating Pond
Y - 10	CYUMEP-A	Cerro Yanacocha Underdrain Minor Events Pond, North
Y - 11	CYUMEP-B	Cerro Yanacocha Underdrain Minor Events Pond, South
Y - 12	CYRWP - 1	Cerro Yanacocha Raw Water Pond Lower LCRS
Y - 13	CYURWP	Cerro Yanacocha Underdrain Raw Water Pond
Y - 14	CYRWP	Raw Water Pond Solution
Y - 15	CYULPE-2	Cerro Yanacocha Underdrain Leach Pad, Stage 2
Y - 16	CYULPD-2	Cerro Yanacocha Underdrain Leach Pad, Stage 2
Y - 17	CYUSWP-A	Cerro Yanacocha Underdrain Stormwater Pond
Y - 18	CYUSWP-B	Cerro Yanacocha Underdrain Storm water Pond

Figura 15. Tabla de los principales puntos de muestreo - Yanacocha

4.6 Reportes de monitoreo

Los valores del control de manejo de Fluidos son reportados semanal y mensualmente.

En los reportes semanales se incluye los LCRS (sistemas de colección y recuperación de fugas) y los subdrenajes. Los parámetros que se reportan son por Cianuro, Mercurio, pH, Flujo y Conductividad. Este reporte es emitido por los supervisores del área de medio ambiente quienes a su vez se encargan de incluir las acciones en marcha para finalmente ser informado a las áreas respectivas de procesos y mantenimiento.

Se emitirá reportes extraordinarios frente a condiciones inusuales críticas que se presenten en las instalaciones del FMP

MUESTRA	I.D.	NAME	FLOW [L/min]	CONDUC. [uS/cm]	pH	CN- WAD [ppm]	CN-FREE	Hg [ppb]
MAQUI MAQUI								
M - 01	MUMEP - 2	Maqui Underdrain Minor Event Pond West	9.00	227.00	6.25	0.00	0.05	<1.00
M - 02	MUOP	Maqui Underdrain Operating Pond	36.00	96.20	5.88	0.00	0.05	4.79
M - 03	MUSWP - 2	Maqui Underdrain Stormwater Pond South	105.00	69.90	6.11	0.00	0.05	<1.00
M - 04	MULPA - 1	Maqui Underdrain Leach Pad, Stage 1	24.00	1206.00	6.44	0.00	0.05	897.00
M - 05	MUMEP - 1	Maqui Underdrain Minor Event Pond East	90.00	96.10	6.50	0.00	0.05	798.00
M - 06	MUSWP - 1	Maqui Underdrain Stormwater Pond North	135.00	76.00	5.94	0.00	0.05	303.00
M - 07	MMEP - 2	Maqui Minor Events Pond Lower LCRS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M - 08	MMEP - 1	Maqui Minor Events Pond Upper LCRS	R	R	R	R	R	R
M - 09	MOP - 1	Maqui Operating Pond Upper LCRS	0m3	1512.00	8.35	27.05	27.05	<1.00
M - 10	MOP - 2	Maqui Operating Pond Lower LCRS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M - 11	MSump LCRS-1	Maqui Sump LCRS, Stage 1	*	1551.00	6.11	0.88	0.05	<1.00
M - 12	Mchannel LCRS	Maqui Solution Channel LCRS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M - 13	MULPB - 2	Maqui Underdrain Leach Pad, Stage 2	*	142.10	4.63	0.01	0.05	<1.00
M - 14	MSWP	Maqui Storm Water Pond	*	146.60	9.72	0.00	0.05	1.14
YANACOCHA								
Y - 01	CYSump LCRS-1	Cerro Yanacocho Sump LCRS, Stage 1	3.60	722.00	9.48	8.94	8.94	<1.00
Y - 02	CYULP - A	Cerro Yanacocho Underdrain Leach Pad, Stage 1	1.88	462.00	6.91	0.00	0.05	<1.00
Y - 03	CYULP - B	Cerro Yanacocho Underdrain Leach Pad, Stage 1	*	516.00	7.10	0.00	0.05	<1.00
Y - 04	CYULP - C	Cerro Yanacocho Underdrain Leach Pad, Stage 1	96.00	399.00	5.75	0.00	0.05	<1.00
Y - 05	CYOP - 1	Cerro Yanacocho Operating Pond Lower LCRS	NS	NS	NS	NS	0.05	NS
Y - 06	CYOP - 2	Cerro Yanacocho Operating Pond Upper LCRS **	23.97	1366.00	10.53	25.96	25.96	<1.00
Y - 07	CYMEP - 1	Cerro Yanacocho Minor Events Pond Upper LCRS **	50.00	2.64ms	11.82	12.06	12.06	87.73
Y - 08	CYMEP - 2	Cerro Yanacocho Minor Events Pond Lower LCRS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Y - 09	CYUOP	Cerro Yanacocho Underdrain Operating Pond	22.50	1139.00	8.56	0.38	0.05	<1.00
Y - 10	CYUMEP-A	Cerro Yanacocho Underdrain Minor Events Pond,N	10.00	1221.00	8.09	0.00	0.05	1.98
Y - 11	CYUMEP-B	Cerro Yanacocho Underdrain Minor Events Pond, S	22.50	1035.00	7.30	0.00	0.05	771.80
Y - 12	CYRWP - 1	Cerro Yanacocho Raw Water Pond Lower LCRS	R	R	R	R	R	R
Y - 13	CYURWP	Cerro Yanacocho Underdrain Raw Water Pond	24.00	603.00	6.04	0.00	0.05	160.70
Y - 14	CYRWP	Raw Water Pond	*	1322.00	7.34	0.00	0.05	<1.00
Y - 15	CYULPE-2	Cerro Yanacocho Underdrain Leach Pad, Stage 2	517.20	292.00	4.86	0.00	0.05	<1.00
Y - 16	CYULPD-2	Cerro Yanacocho Underdrain Leach Pad, Stage 2	105.00	229.00	5.96	0.00	0.05	<1.00
Y - 17	CYUSWP-A	Cerro Yanacocho Underdrain Stormwater Pond	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Y - 18	CYUSWP-B	Cerro Yanacocho Underdrain Storm water Pond	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Y - 19	CYSWP-1	Cerro Yanacocho Storm water Pond	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NOTA:

Valores de CN- libre (solo se lee CN- WAD a las soluciones que tiene cianuro libre menores o igual a 1)

- * Flujo indeterminado
- ** Volumen acumulado de la semana [lt]
- NS** No hubo solución
- R** En reparación

Figura 16. Reporte semanal del plan de manejo de fluidos (FMP)

4.7 Prácticas de control correctivo

Se implementarán acciones correctivas y de control ante posibles eventos inusuales que puedan generar impactos ambientales significativos y que además comprometan la integridad de los componentes del FMP

Se implementarán programas de monitoreo extraordinario e inspecciones de emergencia frente a situaciones inusuales o eventos significativos que comprometan seriamente la integridad de las pilas de lixiviación, pozas y canales de solución y su sistema de impermeabilización, tales como daños a la geomembrana, fallas geotécnicas, fallas considerables en los sistemas de detección de fugas (LCRS, sumps), fallas en los sistemas de transferencia, vandalismo, etc.

Corte del flujo de solución en las líneas de transferencia en el caso de fallas o colapso que involucre alto riesgo de fuga de soluciones de CN al ambiente.

Se implementarán sistemas de bombeo en stand by para el caso de fallas de los sistemas de bombeo instalados en las pozas de colección de subdrenajes.

Capítulo V

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL

5.1. Laboratorio medio ambiente

Los equipos e instrumentos para el control cualitativo (que elementos existen en la muestra) y cuantitativo (cuanto de cada elemento está presente en la muestra) nos dan mayor precisión. La política constante de actualización de equipos es la que nos garantiza la calidad de los análisis es la correcta, por lo tanto los efluentes que salen de la mina tienen la calidad adecuada por debajo de los límites permisibles.

Dentro de los equipos se consideran los convencionales de medición de parámetros operativos tales como los pH (que miden cuán ácida o cuán básica es una solución) y aquellos que miden la conductividad. También tendremos equipos para la medición de concentraciones de ciertos elementos por Colorimetría (cambios de colores en las sustancias). Equipos para análisis de Cianuro en sus diferentes especies como cianuro libre, cianuro WAD y cianuro total y equipos analizadores de mercurio en solución. El exhaustivo control de las descargas de agua tratada, las cuales deben cumplir con los requisitos de contenidos mínimos de metales y compuestos

aceptables dados como límites permisibles por Newmont, que son muchos más exigentes que los límites permisibles nacionales; esto con el fin de no alterar la calidad de vida fuera de las instalaciones de la minera.

Si el agua no cumple con los requisitos, esta no será descargada al medio ambiente, por eso, para que cumpla esta condición, tenemos la responsabilidad de dar las directivas necesarias, pues, el requisito indispensable es tener la autorización del laboratorio para descargar con el control de calidad previamente verificado, garantizando que toda el agua que se dirige hacia fuera de las instalaciones es de buena calidad.

5.2 Equipo analizador de cianuro wad CNSolution™ 3000



Figura 17, Descripción del equipo analizador de cianuro

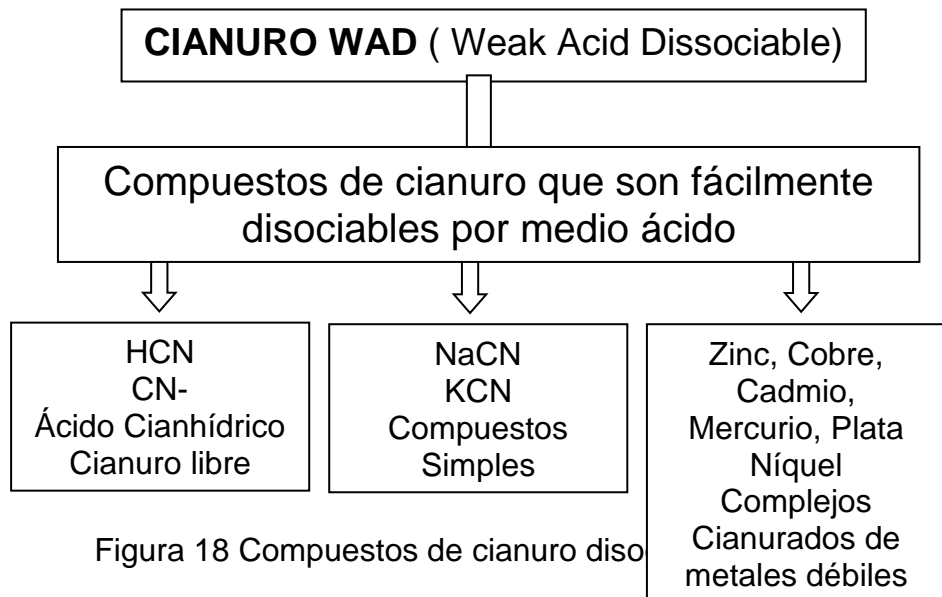
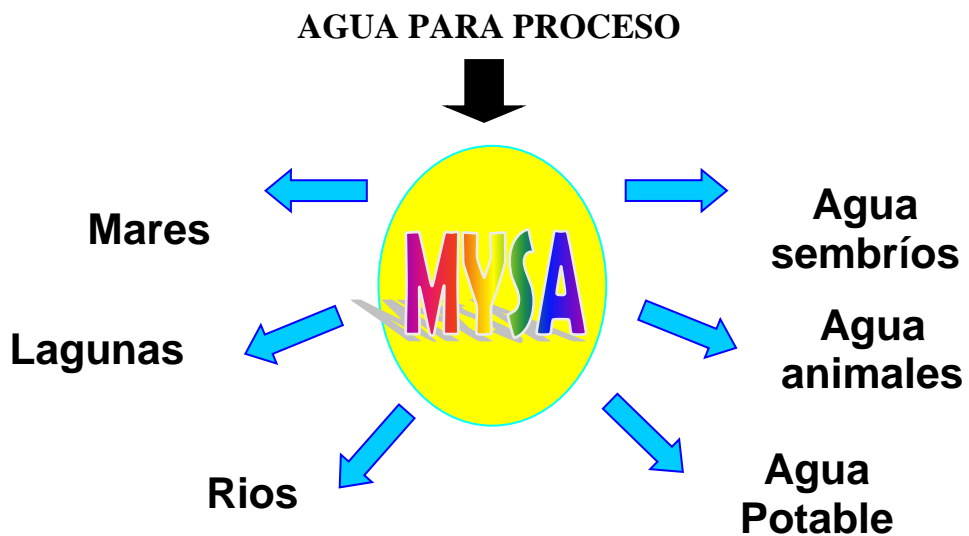


Figura 18 Compuestos de cianuro diso

do

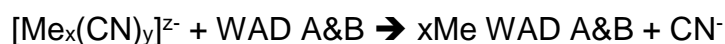
¿Porque nos interesa saber el contenido de Cianuro WAD y Cianuro TOTAL?



Los compuestos de Cianuro WAD (Weak Acid Dissociable) son aquellos que se disocian fácilmente en medio ácido, las especies que comprenden son: Cianuro Libre, Compuestos simples de Cianuro y Complejos Ciano-Metálicos Débiles.

Cianuro Libre	Compuestos Simples de Cianuro	Complejos Ciano-Metálicos Débiles	Complejos Ciano-Metálicos Fuertes
HCN CN ⁻	NaCN KCN	[Zn(CN) ₄] ²⁻ [Cu(CN) ₄] ³⁻ [Cd(CN) ₄] ²⁻ [Ag(CN) ₂] ⁻ [Ni(CN) ₄] ²⁻ [Hg(CN) ₄] ²⁻ Hg(CN) ₂	[Fe(CN) ₆] ^{3-/4-} [Pd(CN) ₄] ²⁻ [Pt(CN) ₆] ²⁻ [Pt(CN) ₄] ²⁻ [Ru(CN) ₆] ⁴⁻ [Co(CN) ₆] ³⁻ [Au(CN) ₂] ⁻

La muestra es tratada previamente con reactivos (WAD A&B), estos cambian el enlace de los complejos y liberan cianuro de los complejos Ciano-Metálicos débiles.



Bajo condiciones ácidas del sistema, el CN⁻ es convertido a HCN el cual por difusión pasa a través de una membrana hidrofóbica y es absorbido en una

solución básica como CN^- el cual es detectado amperométricamente en la celda (Flowcell) en pico amperios (10^{-12}A);

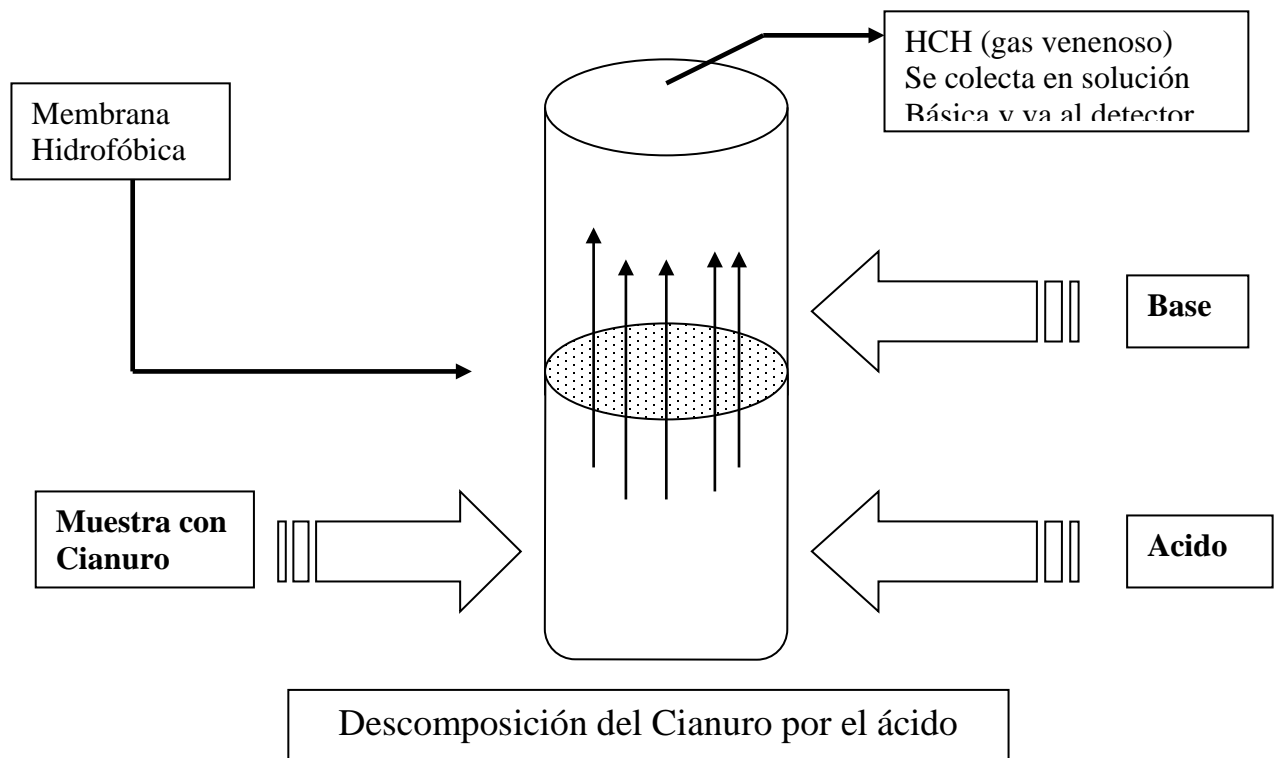


Figura 19. Esquema simplificado del método

La membrana de difusión puede ser de polipropileno o de teflón, se usa polipropileno para concentraciones $>25\text{ppb}$, y de teflón para concentraciones muy bajas. Cuando se reemplace, no se debe de sobre ajustar, debido a que puede romperse la membrana y por ende, causar inestabilidad de la línea base (Base line) y/o ruido.

La celda de difusión de gas, puede ser limpiada con agua, metanol, el material de esta celda es Acrílico.

Para la detección amperométrica se tienen 03 electrodos en la celda:

- Electrodo de trabajo (Working Electrode) de Ag.
- Electrodo de referencia (Reference Electrode) de Ag/AgCl
- Electrodo contador (Counter Electrode) de Pt o acero inoxidable.

El potencial aplicado debe ser de 0.0V.

Del detector, salen tres cables que serán conectados a la celda como sigue:

Color	Electrodo
Rojo	Referencia (Reference)
Blanco	Trabajo (Working)
Negro	Contador (Counter)

Electrodo de trabajo (Working Electrode).

El electrodo de trabajo de plata requiere un poco de mantenimiento y nunca debería de ser reemplazado. La limpieza periódica dará una mayor sensibilidad al método, el electrodo puede cubrirse de una pátina negra (óxido de plata), esta puede ser removida usando pasta dental y un isopo, luego de limpiada tiene que ser enjuagada con agua deionizada.

El cable blanco, debe de ser desconectado (del electrodo de trabajo) antes de apagar el equipo, y se debe volver a conectar a la celda, cuando el flujo sea constante (Solución base NaOH). De lo contrario, la formación de la pátina en el electrodo será mas rápida.

Electrodo de referencia Ag/AgCl (Reference Electrode).

El electrodo es sumergido en una solución (Reference Filling Solution) de Cloruro de Potasio (KCl), saturado con Nitrato de Plata (AgNO_3). Previamente se debe haber introducido la membrana y luego el O-Ring. La función de la membrana es separar la solución de referencia del flujo principal a través del canal de la celda, asimismo permite el intercambio de iones.

Nota: Para el llenado de la solución, se debe de evitar la formación de burbujas.

La corriente generada es proporcional a la concentración de cianuro presente en la muestra original.

Electrodo Contador (Counter Electrode).

No debería de removerse.

Entre los bloques de la celda (Reference Block y Electrode Block) se encuentra una empaquetadura, este puede tener espesores de 0.005" (Bajas Concentraciones de CN^-) y 0.014" (Altas Concentraciones de CN^-)

El rango de concentración de este método es de 0.002 ppm a 5 ppm CN^- usando un Injection loop de 200 ml.

Preparación de reactivos

- Todos los reactivos y estándares deben ser preparados usando agua deionizada.

- Los reactivos y soluciones carrier deben de ser filtrados por un filtro de 0.45 micras de nitrocelulosa.
- Los reactivos deben desgasificarse.

Solución Carrier (Solución de Ácido Clorhídrico 0.1M)

Diluir 8ml de HCl (Ultrex) en 1000ml de agua Deionizada.

Solución Ácida (Solución de Ácido Clorhídrico 0.1M)

Diluir 8ml de HCl (Ultrex) en 1000ml de agua Deionizada.

Solución Básica Stock (Solución de Hidróxido de Sodio 5M)

Disolver 200 gr. de NaOH en 700ml de agua Deionizada con agitación, luego enrasar a 1000ml.

Solución Básica (Solución de Hidróxido de Sodio 0.1M)

Diluir 20ml de la solución Stock de 5M NaOH en 1000ml.

COLOCACION DE LOS TUBOS

- Colocar los tubos de igual diámetro en un mismo lado de la bomba (En el sujetador o platen)
- Encendido de la bomba Peristáltica.
- Ajustar al máximo los sujetadores (platen).
- Aflojar los platen hasta que se detenga el flujo (se observa esto introduciendo una burbuja en el tubo)
- Ajustar hasta que se observe (con la mínima presión) que el flujo sea continuo (no pulsante).

- Al terminar el uso del equipo, detener la bomba y dejar suelto los platen.

Software

El software cuenta con 04 módulos:

Collect Data:

Inicia el proceso de recolección de datos, siguiendo un orden por una tabla de muestras y un método.

El nombre del archivo para esta función debe de ser la fecha de análisis, esto para mantener un orden. Los archivos son guardados con la extensión:

*.rst

Sample Table:

Abre una tabla la cual muestra: El numero de posición de la muestra (#Cup), nombre, tipo, numero de replicas, factor de dilución, y factores por peso para cada muestra.

Los archivos a usarse son: estab.tbl wad.tbl

En este archivo estab.tbl, la muestra “sync” debe de tener una concentración de 5 a 10ppmCN-, esto se hace con 09 replicas, para estabilizar la señal en el equipo, se debe de comprobar que la altura de los picos tengan la misma altura (aproximadamente).

Copa	Nombre	Tipo	Re	Factor de	Factor de	Vial	Comentario
1	4 sync	SYNC	9	1	1	1	
2	0 carryover	CO	2	1	1	1	
3	0 baseline	RB	1	1	1	1	
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							

Figura 20. Tabla de muestras del software Winflow

	Copa	Nombre	Tipo	Re Factor de	Factor de	Vial	Comentario
1	4	sync	SYNC	1	1	1	
2	0	Carryover	CO	1	1	1	
3	0	baseline	RB	1	1	1	
4	1	Cal 0.00 ppm	C	1	1	1	
5	2	Cal 0.01 ppm	C	1	1	1	
6	3	Cal 0.05 ppm	C	1	1	1	
7	4	Cal 0.10 ppm	C	1	1	1	
8	5	Cal 0.55 ppm	C	1	1	1	
9	6	Cal 1.25 ppm	C	1	1	1	
10	0	blank	BLNK	1	1	1	
11	5	ICV 0.55 ppm	CCV	1	1	1	
12	0	blank	BLNK	1	1	1	
13	0	baseline	RB	1	1	1	
14	11	A	U	1	1	1	
15	12	B	U	1	1	1	
16	13	C	U	1	1	1	
17	14	DYEWTP	U	1	1	1	
18	15	C24	U	1	1	1	
19	0	blank	BLNK	1	1	1	
20	5	CCV 0.55 ppm	CCV	1	1	1	
21	0	blank	BLNK	1	1	1	
22	0	baseline	RB	1	1	1	
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							

Figura 21. Tabla de calibración del software Winflow

- La tabla de muestras (Sample Table) consta de dos partes: Estándares de Calibración y Muestras.
- La muestra 'Sync' debe de ser la de mayor concentración.
- En el caso de tener muestreador automático, los estándares de calibración deberían de darse 03 replicas.

Las muestras: Blank, Carryover, Baseline son muestras de agua Deionizada, normalmente se colocan en Cup# 0.

Method Editor:

Almacena los parámetros para la recolección de datos, los estándares de calibración.

El archivo a usarse es: wad.mth o wad_mano.mth

El Method Editor contiene 06 pantallas que se usan para modificar los parámetros necesarios para el análisis.

Data Analysis:

Permite ver los resultados de alguna corrida previa. Contiene, los gráficos y tabla de los picos, la grafica y tabla de calibración.

Los archivos tienen la extensión: *.rst

La curva de calibración resultante debe tener un $R^2 > 0.995$

Análisis de las muestras:

Las muestras, reactivos, estándares deben de ser filtradas con filtros de 0.45 micras (5micras máximo).

1. Prender el instrumento y el muestreador (si esta disponible).
2. Cargar el programa Winflow
3. Asegurarse que los depósitos estén llenos y vaciar el depósito de desecho.
4. Prender la bomba peristáltica y asegurar los sujetadores (platens).
5. Asegurarse que el flujo esta en la dirección adecuada.
6. Cuando esta ingresando la base a la celda (Flowcell) conectar el alambre blanco (working).

7. Cargar la tabla de muestras (estab.tbl; wad.tbl; wad_mano.tbl)
8. Seleccionar el icono Collect Data
9. Introducir el nombre de Identificación (operador).
10. Seleccionar la tabla de muestras y método de uso.
11. Ingresar la fecha para el archivo de resultados (ej: 03nov00.rst)
12. Hacer doble click en el icono de "Play" y observar la línea base, comprobar si es estable.
13. Asegurarse que la comunicación serial (menú Windows) este en el rango de 45% a 55%.
14. Hacer doble click en "Zero" y el icono de "Fast Forward" para iniciar la corrida (según la tabla de muestras).
15. Para el caso de estabilización (estab.tbl) observar si los picos generados son uniformes. Para el caso de wad.tbl o wad_mano.tbl comprobar si el R^2 es mayor a 0.995, de lo contrario, correr nuevamente los estándares.

Altura de Picos	R^2	Resultados
Altos	>0.995	Confiable

5.3 Equipo analizador de mercurio por inyección de flujo fims-100

Para usarse como generador de Hidruros/Mercurio con los Modelos de Absorción Atómica, para la determinación automática de As, Se, Sb, Te, Bi y Sn por operación de Hidruros y Hg por la técnica de vapor fijo.

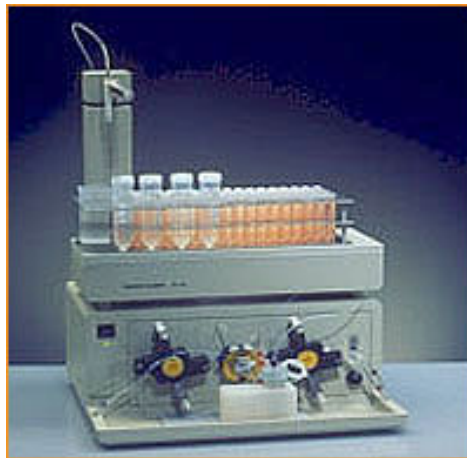


Figura 22. Equipo analizador de mercurio

Opera por la técnica de inyección de flujo, lo que reduce las interferencias y efectos de memoria y los tiempos de la determinación.

Incorpora la óptica de un sólo haz de alta eficiencia con la lámpara de Hg. de baja presión y un detector blind-solar para máxima sensibilidad a 254 nm.

Realiza la corrección de línea base (**BOC**) inmediatamente antes de cada medición, proporcionando excelente estabilidad de la línea base.

El control total del ESPECTRÓMETRO, componentes de analizador por inyección de flujo, automuestreador y otros accesorios es vía una computadora tipo PC, utilizando el software AA WINLAB de PERKIN-ELMER, basado en el ambiente operativo Windows.

El consumo de muestra es menor a 300 microlitros por determinación, mientras que el consumo de reactivo es de menos de 180 ml/hora.

Permite el análisis de hasta 3 muestras por minuto.

Control totalmente automático de operación mediante PC.

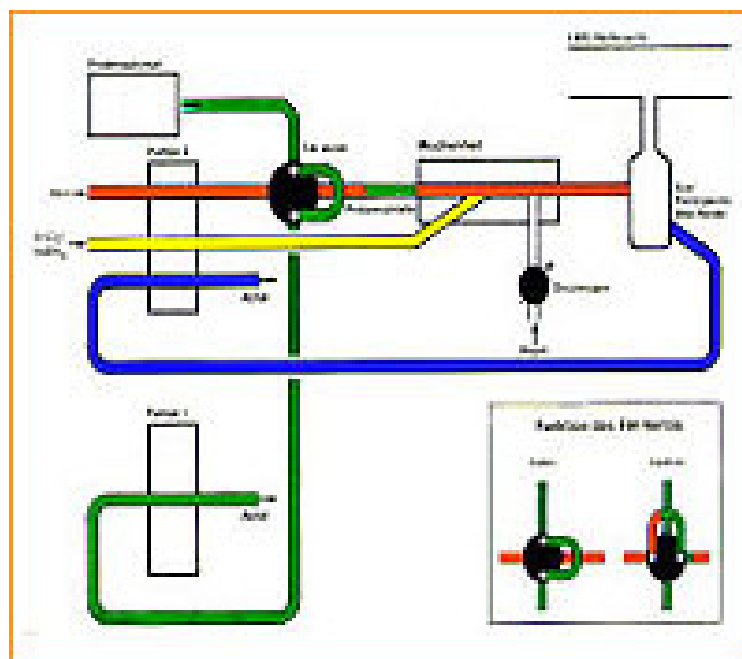


Figura 23. Esquema del equipo

Permite incrementar la sensibilidad de las determinaciones de Hg usando la técnica opcional automática de amalgamación.

Capacidad de determinación multielemental secuencial automática.

Gran flexibilidad analítica, ya que con el simple cambio de loop se extiende el rango dinámico evitando hacer diluciones.

Preconcentración On-Line del analito en forma automática.

Dilución On-Line automática.

Agregado automático de reactivos On-Line.

Consta de una bomba peristáltica controlada, con velocidad de bombeo de 30 - 120 r.p.m. Motor paso a paso de alta precisión, de máximo 8 canales.

La velocidad es variable entre 30 y 120 rpm. Válvula de inyección de flujo de 5 puertos y loops intercambiables.

Controlador de flujo de argón variable entre 40 y 250 ml/min por flujímetro.

Requiere de una presión de entrada de 300-400kPa, con corte automático luego de 10 minutos de inactividad.

El calentamiento puede ser provisto por la llama del mechero aire- acetileno o por el sistema de calentamiento eléctrico de temperatura regulable.

Incluye válvula de switcheo, cámara de mezclado con separador gas/líquido, celda de cuarzo, interfaces RS-232 y IEEE-488 (GPIB)

5.4 Equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica

La espectrofotometría de absorción atómica, es una técnica utilizada para la cuantificación de elementos químicos. Se fundamenta en la propiedad de los átomos los cuales en presencia de energía pasan de su estado fundamental a niveles de mayor energía para luego decaer. En estos cambios pueden absorber y/o emitir energía en forma de luz.

Un espectrofotómetro de absorción atómica utilizado con llama es capaz de cuantificar elementos químicos contenidos en muestras a concentraciones en el orden de %, mg/L ó mg/Kg ó partes por millón (ppm). Esto significa que se pueden realizar análisis de elementos mayores, menores y algunos contenidos a nivel de trazas.



Figura 24. Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Llama marca Perkin Elmer

CONCLUSIONES

- El objetivo de la presente , es poner al alcance de quienes tienen la responsabilidad del manejo y control ambiental del cianuro en la industria minera, el contar con un conjunto de conocimientos básicos que les facilite la discusión y toma de decisiones, permitiendo la seguridad integral del ser humano y del medio ambiente.
- En MYSRL se realiza la recuperación de oro con solución de cianuro de sodio en un circuito cerrado de lixiviación, manteniendo un balance adecuado de agua, a través de las plantas de tratamiento de agua en exceso.
- Minera Yanacocha cuenta con cinco plantas de tratamiento con capacidades de 500m³/h cada una, diseñadas para regular el pH, destruir el cianuro y remover los metales mediante reactivos en las diferentes etapas que tiene el tratamiento
- El cloro gaseoso / líquido es un elemento químico que se usa como fuente para generar HClO- el cual por su fuerte poder oxidante servirá para oxidar al NaCN. La dosificación del Cloro debe ser óptima, puesto que es el reactivo más importante en el proceso.
- El cloro gaseoso se usa como método de destrucción de cianuro porque su cinética de reacción es rápida y necesaria para el tratamiento de grandes volúmenes de solución cianurada.

BIBLIOGRAFÍA

- Proceso de Detoxificación de Soluciones Cianuradas de Lixiviación en Minera Yanacocha, Daniel Yataco Valdez.
- Tratamiento de soluciones Cianuradas. curso de capacitación TECSUP
- Manuales de operación y procesamiento internos del área de procesos de minera Yanacocha 2000-2002.
- Laboratory and Plant Testing for the Pampa Larga Plant Water Treatment Process Minera Yanacocha, Cajamarca, Perú, Agosto 1994.
- Curso Integral para el muestro y análisis de agua potable, industrial y residual. Omega Perú S.A.
- Calidad del Agua 2º Edición Jairo Alberto Romero Rojas

APENDICE

Figura 1: Ubicación geográfica campamento minero.....	10
Figura 2: Concentraciones de HCN, CN ⁻ en función del pH.....	19
Figura 3: Proceso INCO SO ₂ /aire	25
Figura 4: Flujo grama para la destrucción de cianuro con peroxido de hidrógeno	26
Figura 5: Proceso de para la destrucción de cianuro con ácido Caro.....	28
Figura 6 Circuito cerrado de lixiviación.....	32
Figura 7: Diagrama de flujo simplificado del sistema del tratamiento de Aguas de exceso.....	33
Figura 8:. Tanques para la Destrucción de Cianuro.....	35
Figura 9: Tanques de Cloruro Férrico.....	38
Figura 10: Reactor clarificador.....	39
Figura 11: Clarificación y filtración del agua y separación de lodos	39
Figura 12: Muestreo de campo.....	49
Figura 13: Tabla de los principales puntos de muestreo –Carachugo	51
Figura 14: Tabla de los principales puntos de muestreo – Maqui Maqui	52
Figura 15: Tabla de los principales puntos de muestreo –Yanacocha.....	53
Figura 16 Reporte semanal del FMP.....	55
Figura 17 Descripción del equipo analizador de cianuro.....	58
Figura 18 Compuestos de cianuro disociables por medio ácido	59
Figura 19. Esquema simplificado del método.....	61
Figura 20: Tabla de muestras del software Winflow	66
Figura 21: Tabla de calibración del software Winflow.....	67

Figura 22: Equipo analizador de mercurio.....	70
Figura 23: Esquema del equipo analizador de Mercurio.....	71
Figura 24: Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer.....	73

ANEXO 1

Calidad de Agua de EWTP y la Calidad Requerida para Descarga de Planta

Parámetros	Unidades	Concentración de la Alimentación a EWTP	Máximo Permisible Limites de Descarga
pH	Unidades	10	6 - 9
TDS (Sólidos Disueltos)	ppm (mg/L)	< 700	1000
TSS (Sólidos Suspendidos)	ppm (mg/L)	~ 10 (Data necesaria)	25
Cianuro WAD	ppm (mg/L)	24	0.2
Cianuro Libre	ppm (mg/L)	10	0.1
Cianuro Total	ppm (mg/L)	34	1
Alcalinidad como CaCO ₃	ppm (mg/L)	~ 200	
Calcio	ppm (mg/L)	5 – 300	
Magnesio	ppm (mg/L)	0.1 – 1	125
Potasio	ppm (mg/L)	~ 5	
Sodio	ppm (mg/L)	60 – 80	
Cloro libre	ppm (mg/L)		1.5
Fluoruro	ppm (mg/L)	~ 0.2	2
Nitrato como N	ppm (mg/L)	~ 20	10
Sulfato	ppm (mg/L)	60 – 500	250

Arsénico	ppm (mg/L)	< 1	0.05
Bario	ppm (mg/L)	0.01 – 0.06	1
Cadmio	ppm (mg/L)	< 0.01	0.005
Cromo	ppm (mg/L)	< 0.03	0.05
Cobre	ppm (mg/L)	2	0.5
Hierro	ppm (mg/L)	0.5	0.3
Plomo	ppm (mg/L)	< 0.017	0.05
Manganeso	ppm (mg/L)	< 0.003	0.1
Mercurio	ppm (mg/L)	3	0.002
Selenio	ppm (mg/L)		0.05
Plata	ppm (mg/L)	0.1	0.005
Zinc	ppm (mg/L)	20	1

ANEXO 2 CIANURO DE SODIO

