

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA
MINERA Y METALURGICA**



**PROCESO MERRILL CROWE
PLANTA PAMPA LARGA
MYSRL**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO METALURGICO**

PRESENTADO POR:

JOSE MARTIN CESPEDES TORRES

**Lima – Perú
2011**

AGRADECIMIENTO

A mis padres.
Por su apoyo incondicional.
A mi Esposa y a mis hijos.
Por su gran amor.

RESUMEN

El aprovechamiento racional de los recursos naturales, renovables y no renovables, cualquiera que sea el sector industrial comprometido, debe involucrar un cuidadoso análisis previo de la situación de estos recursos y del medio ambiente sobre la cual se hará la utilización. Estos análisis o estudios previos son la mejor base para la identificación y medición de los impactos ambientales que deberían ser mitigados y remediados al final del aprovechamiento.

Los proyectos de explotación minera cuya potencialidad y auge que se han reactivado a partir de los años 90, están considerando como prioridad, los estudios ambientales y, por consiguiente, los estudios de línea base mencionados.

Minera Yanacocha S.R.L. inicia la explotación de sus yacimientos auríferos en el año 1993 en la jalca de Cajamarca, realizando así nuevamente la importancia de la minería en el Perú y contribuyendo a que nuestro País se ubique como el primer productor de oro en Latinoamérica.

El lector hallara en este informe un resumen de mi experiencia profesional adquirida en la Planta Merrill Crowe Pampa Larga de Minera Yanacocha SRL en forma razonada, permitiendo de esta manera que el lector entienda fácilmente las operaciones que realizamos para obtener un precipitado de buena calidad para posteriormente pasar al proceso de fundición, donde finalmente se obtiene la barra Doré.

INDICE

Agradecimiento		
Resumen		
Introducción	1	
CAPITULO I	ASPECTOS GENERALES	
1.1	Ubicación y acceso	9
1.2	Clima y Temperatura	13
1.3	Topografía	13
1.4	Hidrografía	14
1.5	Vegetación	15
1.6	Mineralogía	16
1.7	Minería	17
1.8	Reservas y Producción	18
CAPITULO II	PRECIPITACION DE ORO CON ZINC	
2.1	Introducción	20
2.2	Reacciones Químicas	21
2.2.1	Reacciones anódicas	21
2.2.2	Reacciones catódicas	24
2.2.3	Reducción de otros metales	26
2.3	Reacciones cinéticas y factores que afectan la eficiencia de precipitación de oro	27

2.3.1	Concentración de oro	29
2.3.2	Concentración de cianuro	30
2.3.3	Concentración de zinc	30
2.3.4	Tamaño de partícula	31
2.3.5	Temperatura	32
2.3.6	Concentración de oxígeno disuelto	33
2.3.7	pH	33

CAPITULO III APLICACIÓN PRACTICA DEL PROCESO MERRILL CROWE PLANTA PAMPA LARGA

3.1	Etapas del Proceso Merrill Crowe	35
3.1.1	Clarificación	35
3.1.1.1	Lavado y formación de la pre-capa de diatomita de los filtros clarificadores	37
3.1.1.2	Procedimiento para lavado de filtros clarificadores	37
3.1.1.3	Procedimiento para la formación de la pre-capa de diatomita de los filtros clarificadores	38
3.1.2	Deareación	39
3.1.3	Cementación	41
3.2	Eventos que afectan el Proceso Merrill Crowe	43
3.2.1	Corte de energía	43
3.2.2	Instrumentos de control descalibrados	44
3.3	Controles operativos en línea	44
3.3.1	Control del flujo	44
3.3.2	Control de ley solución rica y ley solución barren	46
3.3.3	Control de oxígeno en solución antes de la cementación	47
3.3.4	Control del consumo de zinc	47
3.4	Ventajas y desventajas del Proceso Merrill Crowe	48
3.4.1	Ventajas	48
3.4.2	Desventajas	48

CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	

INTRODUCCION

Antecedentes

Uno de los primeros proyectos mineros en cristalizarse luego de la promulgación de las leyes promocionales para el sector minero, promoción de la Inversión Extranjera (D.L. 662), promoción de la Inversión Privada en Empresas del Estado (D.L. 674) y promoción de Inversiones en el Sector Minero (D.L. 708) fue el proyecto para la explotación y producción de oro de Minera Yanacocha;

De alguna manera, Minera Yanacocha SRL representa el punto de partida hacia la recuperación de la minería peruana, en la que la participación del capital extranjero junto con el capital nacional cumple un papel fundamental en la provisión de recursos financieros y tecnológicos. Su ubicación geográfica, el rápido crecimiento de su producción y la implementación de un sistema masivo de subcontratación, entre otros, le confieren características de la empresa modelo que la nueva legislación minera incentiva.

Las características geológicas del yacimiento en los inicios de Yanacocha fueron extraordinarias; la roca que contiene el mineral sumamente frágil y porosa, por lo que durante muchos años no hizo uso de la etapa de chancado de su proceso de producción, convirtiéndola en una de las pocas empresas mineras que no chancaban su mineral.

Minera Yanacocha SRL es una alianza estratégica entre la empresa Norteamericana Newmont Mining Corporation (51,35%), el grupo minero Nacional Buenaventura (43,65%) y la Corporación financiera Internacional. IFC. (5%). Debo mencionar que Newmont es el mayor productor de oro en Estados Unidos y el segundo productor de oro a nivel mundial.

Actualmente, Newmont explota oro en varios países del mundo, como en Estados Unidos, Australia, Perú, Indonesia, Bolivia, Nueva Zelanda, México. Asimismo, Newmont mantiene un agresivo programa de exploraciones y El grupo Buenaventura es uno de los grupos mineros más fuertes del Perú y tiene más de 50 años de gestión empresarial. Una alianza estratégica entre Newmont y Buenaventura brinda grandes beneficios a ambas empresas, a través de Minera Yanacocha Buenaventura se ha convertido en el primer grupo peruano en desarrollar un proyecto minero de gran minería, al mismo tiempo que le ha permitido consolidar su posición como productor de minerales preciosos, oro y plata. En segundo lugar, Yanacocha significa una gran oportunidad de aprendizaje y de transferencia tecnológica en el tratamiento hidrometalúrgico de minerales. En tercer lugar, Yanacocha significa la expansión de las actividades de otras de las empresas del grupo.

Los yacimientos de Minera Yanacocha eran conocidos desde la década de los sesenta, aunque se les consideraba como yacimientos de cobre y plata; el avance tecnológico ha permitido que se exploten yacimientos con leyes menores a 1 gr de oro por tonelada de mineral, actualmente Minera Yanacocha esta operando yacimientos con leyes que van desde 0.5 gr de oro hasta 3.0 gr de oro/Ton; los minerales con leyes menores a 1.5 gr/ton básicamente óxidos son procesados desde la pila de Lixiviación y los minerales con leyes mayores a 1.5 gr/ton básicamente minerales mixtos (óxidos, óxidos mas sulfuros) son procesados en el Molino de Oro.

Actualmente Minera Yanacocha mueve más de 150,000 Ton de mineral por día, en sus mejores años se llegó a mover mas de 350,000 Ton de mineral por día; el molino (Gold Mill) tiene una capacidad de procesamiento de 800 ton de mineral/hora.



Figura A. Instalaciones de Minera Yanacocha Planta Pampa Larga (vista satelital – Google map)



Figura B. Instalaciones de Minera Yanacocha Planta Pampa Larga (vista panorámica)

Descripción General del Proceso Productivo en Yanacocha

Yanacocha representa una nueva generación de productores de oro que usan las más avanzadas tecnologías; Los yacimientos son explotados mediante el método de tajo abierto (open pit). En la etapa de perforación se utilizan brocas de 7 7/8" (20cm) de diámetro, para luego realizar la voladura utilizando principalmente ANFO (Ammonium Nitrate – Fuel Oil) El material obtenido es transportado directamente a las canchas de lixiviación (Pads) y/o al molino dependiendo del tipo de mineral por medio de camiones Haulpack Caterpillar de 250 toneladas de capacidad.

A la vez que el mineral es apilado sobre los pads de lixiviación se añade cal para regular la acidez del mineral, el ratio de cal usado es de 1.1 Kg/ton de mineral, la base de estos pads están revestidos con una capa impermeable de geomembrana con el fin de evitar la filtración de la solución al subsuelo, durante el proceso de lixiviación el área superficial del Pad donde se encuentra el mineral es regado con una solución que contiene cianuro de sodio (50 ppm). La solución percola a través del mineral y se obtiene una solución rica en oro y plata, que es llevada mediante tuberías a las pozas de solución rica, de donde es enviada a la Planta de Procesos en la cual se emplea el método Merrill-Crowe para precipitar el Oro y la Plata. Este precipitado es recuperado en Filtros Prensa, secado en retortas y es fundido para obtener finalmente barras de Doré con un contenido de 60% Au y 40% Ag.

La tecnología de lixiviación y precipitación de oro mediante el proceso Merrill Crowe ha logrado hacer rentable esta operación, que permite recuperar oro de depósitos con leyes que van desde los 0.5 gr. de oro por tonelada de mineral; otra ventaja que tienen los yacimientos de Yanacocha es que la roca extraída es sumamente frágil y porosa, por lo que en los primeros 15 años de operación se pudo obviar las operaciones unitarias de chancado y molienda;

esto ha permitido que el costo de producción sea menor a US\$ 150 por onza durante sus primeros años de operación.

Las tecnología utilizada en todos los procesos de Yanacocha son limpias; el proceso de lixiviación se realiza en circuito cerrado, es decir el residual de los químicos usados (cianuro) para extraer el oro se vuelven a utilizar en el proceso para procesar más mineral; además los monitoreos en forma continua del área de procesos y medio ambiente asegura que no haya fugas con la consecuente pérdida del oro recolectado ni que se produzcan desastres ecológicos, especialmente en esta zona en la que el nivel de precipitación puede llegar a ser muy alto; también la precipitación del oro reduce los gases emitidos en la fase de fundición de las barras doré debido a que la torta a ser fundida contiene niveles bajos de contaminantes. La operación ha sido planeada para limpiar el material residuo de los pads de lixiviación, una vez que el oro ya haya sido extraído; una vez que el pad llegue a su capacidad límite y el proceso de extracción concluya, se procederá al lavado de los pad con agua, para luego recubrirlo con suelo orgánico (Top Soil) y efectuar la reforestación.

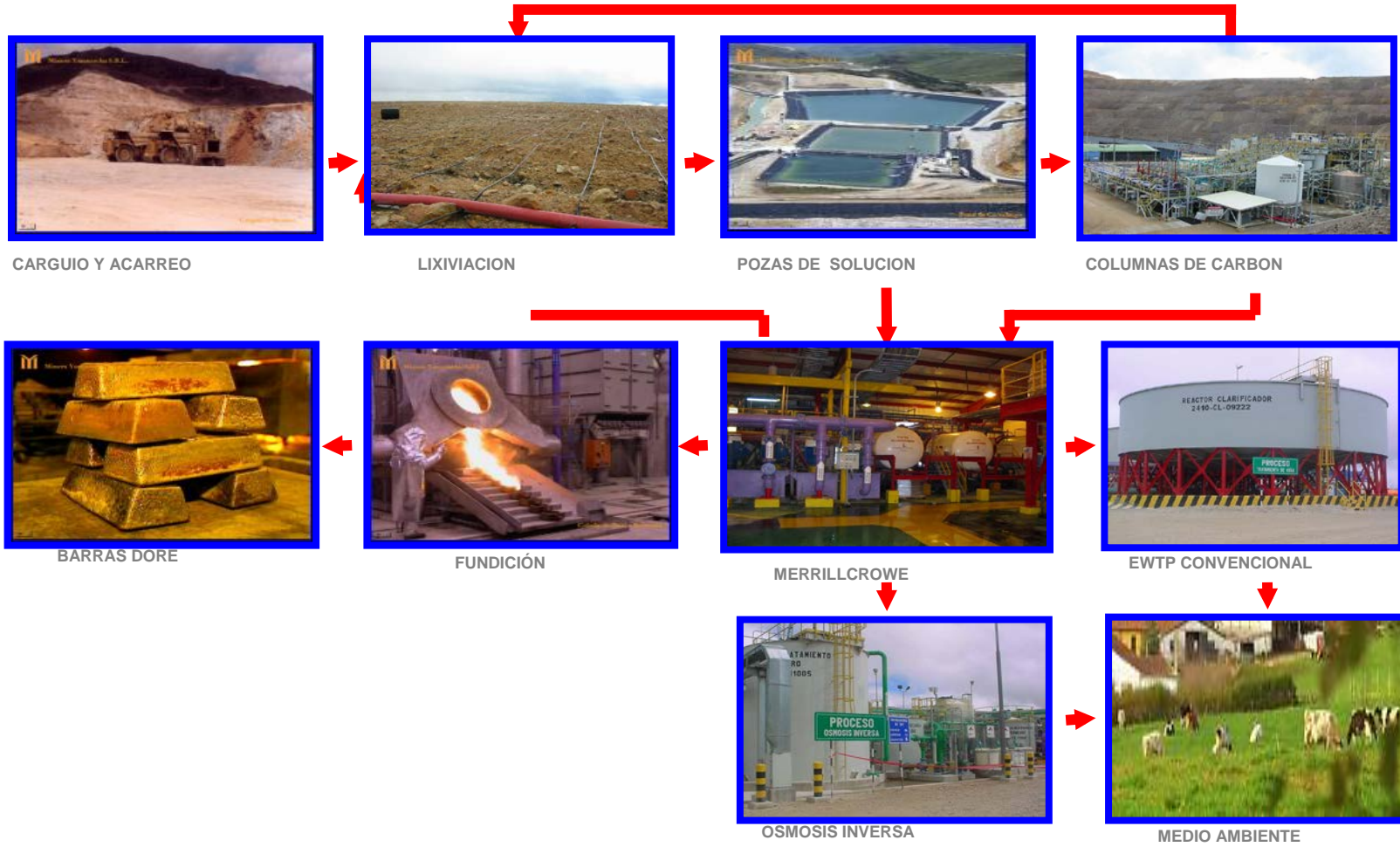


Figura C. Diagrama de Flujo del Proceso Productivo en Minera Yanacocha.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Ubicación y acceso

Las operaciones de minera Yanacocha S.R.L. se encuentran ubicadas en un área localizada sobre los 4000 msnm en los Andes Peruanos a una distancia de 37 km. de la ciudad de Cajamarca, geográficamente en la cima de los andes occidentales del Norte del Perú entre los paralelos 6°53'9" y 7°03'57" L.S. y los meridianos 78°24'49" y 78°33'38" L.O. abarcando aproximadamente 20 Km².

La zona pertenece políticamente a los distritos de Cajamarca, La Encañada y Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca en la Región Nor Oriental del Marañón.

Las diferentes unidades operativas de Minera Yanacocha S.R.L. se encuentran a partir del km 37 de la ciudad de Cajamarca, el acceso es por tierra vía tramo asfaltado hasta el ingreso a las instalaciones de la operación.

El departamento de Cajamarca está situado en la zona nor andina del país y es recorrido por los Andes septentrionales, bastante más adelgazados y bajos que los del resto del país. El territorio del departamento de Cajamarca, cuyo relieve es bastante accidentado, está constituido por zonas de Costa y Sierra y Selva.

La situación geográfica de Cajamarca, al norte del Perú y cerca del clima ecuatorial, ha modificado por completo su sistema de vida. La riqueza de sus pastos y la fecundidad de sus suelos son realmente muy grandes; sus serranías de altitud relativamente baja con respecto al resto del territorio nacional, han sido favorecidas con una riqueza mineral enorme.

Vías de Acceso a Cajamarca: Terrestre: Lima-Trujillo-Cajamarca (880 Km) utilizando la Carretera Panamericana Norte, con una duración de 14 horas aproximadamente en Bus. Aérea: Existen vuelos diarios desde la ciudad de Lima – Cajamarca (1 h 10 min aprox).

Según la nueva demarcación política regional del 31 de marzo de 1995, el departamento de Cajamarca cuenta con 13 provincias y 128 distritos. Sus provincias son: Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Contumazá, Cutervo, Chota, Hualgayoc, Jaén, San Ignacio, San Miguel, San Marcos, San Pablo y Santa Cruz, la provincia de de Cajamarca cuenta con 12 distritos: Cajamarca, Asunción, Chetilla, Cospan, Encanada, Jesús, Llacanora, Baños del Inca, Magdalena, Matara, Namora y San Juan.



Figura 1.1 Departamento de Cajamarca ubicado en la sierra norte del Perú.

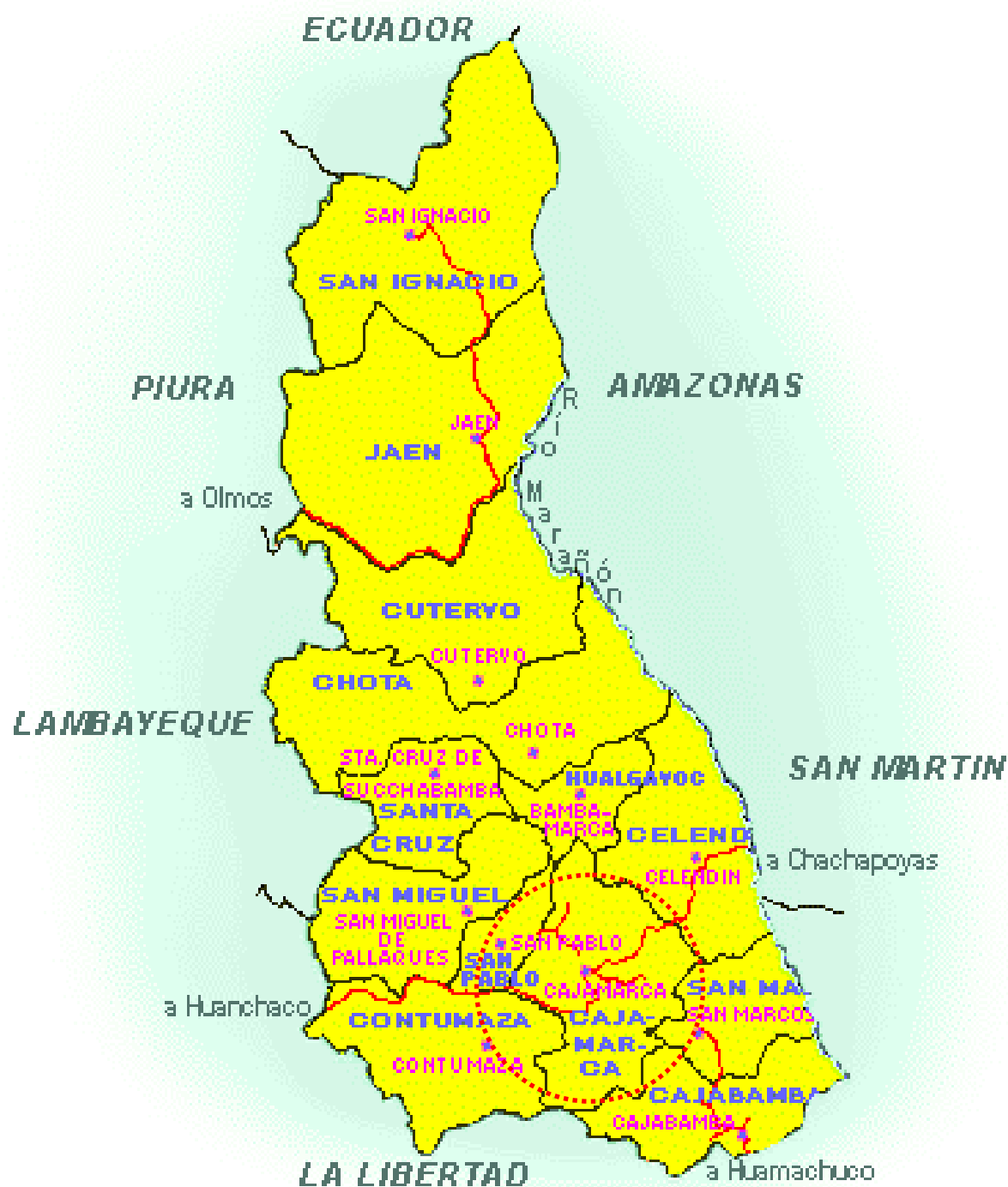


Figura1.2 Provincia de Cajamarca ubicado al sur del Departamento de Cajamarca.

1.2 Clima y Temperatura

El clima del Departamento de Cajamarca es seco, templado y soleado durante el día y frío en las noches; su temperatura media anual es 13° C (máxima media: 21.4° y mínima media 5° C). La estación de lluvias: es de noviembre a marzo.

Ecosistemas Tropicales: En las provincias de Jaén y San Ignacio, y en los valles bajos como el de Condebamba y Crisnejas, con temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones que varían de 900 a 1,100mm. Ecosistemas templados: con temperaturas agradables pero ligeramente frías en las noches que varían entre 13 - 15°C en valles interandinos y precipitaciones anuales de 700 a 1,000 mm. Ecosistemas fríos: En la zona alta hay una formación ecológica especial con climas fríos y ventosos; temperaturas nocturnas inferiores a 12°C y precipitaciones de 900 a 1,300 mm. En las zonas medias y altas existen temperaturas diurnas elevadas que pueden llegar a los 20°C y bajas bruscamente en las noches y madrugadas que llegan a 0°C, sobre todo en invierno.

1.3 Topografía

El Departamento de Cajamarca tiene una topografía muy accidentada, presenta numerosas elevaciones entre las que podemos mencionar: El cerro Rumi Rumi ubicado en la cordillera central, distrito de Sitacocha; provincia de Cajabamba. El Cerro Grande Negro y el Alto la Chira ubicados en la cordillera occidental, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba. El cerro Pallana Cushuro, ubicado en la cordillera central en el Distrito de Sitacocha; provincia de Cajabamba.

El cerro mishacocha, ubicado en la cordillera occidental en el distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca; El cerro coimolache, con una altitud de 4010 m.s.n.m., ubicado en el distrito de Hualgayoc, de la provincia de

Hualgayoc y cumbre, de la provincia de Cajamarca. El Abra cumbre se encuentra en el Límite distrital Cajamarca - Magdalena a una altitud de 3850 m.s.n.m. El Abra Samanay, se encuentra en el Límite interprovincial Hualgayoc - Chota y tiene una altitud de 3200 m.s.n.m. Comullca, se encuentra ubicada en el límite interprovincial Cajamarca - Celendín en la cordillera Comullca con una altitud de 3800 m.s.n.m. Fila Alta ubicado en en Jaén con una altitud de 1017 m.s.n.m. Pumacanma, se encuentra ubicado en límite distrital Condebamba, Sitacocha, al sur del cerro Alijar da paso a la carretera Cajabamba, Sitacocha, Bolivar y presenta una altitud de 3 750 m.s.n.m.

1.4 Hidrografía

Existen dos cuencas: Cuenca del Marañón y Cuenca del Pacífico.

Cuenca del Marañón: Chinchipe, Tabaconas, Chirinos, Chumba, Chamaya, Chotano, Huancabamba, Quismache, Chontalí, Llaucano, Lunyhuy, Crisnejas. Cuenca del Pacífico: Sangarara, Chancay, Saña, Chilete, Tembladera, Chicama

En el Departamento de Cajamarca los Rios más importantes son: El Marañón, Chinchipe, Tabaconas, Huancabamba, Chotano, LLaucano, Chonta y San Lucas. Para aumentar las aguas del Río Marañón, los ríos bajan transversalmente de Oeste a Este, dividiendo a este departamento en una serie de cuencas u hoyas parciales como las formadas por el Chinchipe y el Tabaconas al norte, Huancabamba al centro y la del Chotano, que corre de sur a norte.

El Río Huancabamba llega a las aguas del Marañón en la zona sur del departamento, por las provincias de Celendín, Cajamarca y Cajabamba.

El Río Crisnejas: Este río se encuentra al Sudeste de Cajamarca, formado por la confluencia de los ríos Condebamba y Cajamarca, que forman fértiles valles donde se asientan las ciudades de Cajabamba y Cajamarca.

El Río Llaucano, este río se encuentra al norte de Cajamarca y forma el valle de Bambamarca. Parte de las provincias de Cajamarca, Hualgayoc, Chota y Cutervo del departamento de Cajamarca. Los principales centros poblados ubicados dentro de la cuenca son Hualgayoc, Bambamarca, Cutervo, Socota, Conchán y Tacabamba. Este río pertenece a la vertiente del Atlántico y nace en las lagunas Munyu y Picotacon el nombre de quebrada Pachachaca Chico, posteriormente, adopta sucesivamente los nombres de Pachachaca y El Tambillo, conociéndosele con el de Llaucano a partir de su confluencia con el río Chonta, hasta su desembocadura en el río Marañón. El área de su cuenca es 2 407 km² y la longitud de su cauce principal es 90 km. Los afluentes principales, por la margen derecha son los ríos Pomagón y Chontas y por la margen izquierda son los ríos Hualgayoc, Maygasbamba y Cutervo.

En la cuenca del río Llaucano existen 11 estaciones meteorológicas. En cuanto al régimen de precipitación, de acuerdo a la información existente, se puede apreciar que éste es muy variable para niveles altitudinales similares, debido al efecto de las condiciones orográficas locales. En general, se puede estimar que el período más lluvioso se extiende desde el mes de octubre hasta el mes de abril, período en el cual se descarga entre el 75% y 95% del total anual de las precipitaciones pluviales. Para la medición de vientos la única estación de la cuenca que registra este elemento meteorológico es la estación Conchán, la cual indica que existe viento dominante de dirección Este para todo el año con velocidades que varían entre 10.4 y 13.1 km/h.

1.5 Vegetación

La vegetación es restringida, limitandose a la presencia de pastos alto andino así como estepa de hierbas entre las cuales el famoso lchu ocupa el lugar de privilegio frente a las estepas, fectusca, etc.

En los últimos años, en la Jalca de Cajamarca, se recolectan intensivamente plantas de uso múltiple como el ichu (*Stipa* sp.) y muchas plantas medicinales, desde tiempos muy antiguos se recolecta la «valeriana» con fines de autoconsumo y de mercado. Destacan en este sentido los distritos de Encañada, Namora, Jesús y Cajamarca. Probablemente, en los últimos años, la presión de recolección es mayor, por la exigencia de mayores volúmenes para el mercado

1.6 Mineralogía

El mineral de Yanacocha se caracteriza por ser de formación volcánica terciaria, es un depósito diseminado de gran volumen y contenido metálico bajo, muestra una alteración típica de la alunita (sulfato K) en los que el oro ha sido depositado con pirita en los agujeros de lixiviación del cuarzo, cuarzo cavernoso y luego por estar cerca de la superficie ha quedado como impregnaciones en las paredes del cuarzo o dentro de los FeOx.

El depósito está formado principalmente por cuarzo y sulfuros primarios, estos han sufrido alteraciones y han formado otras especies como la jarosita y goethita, el oro se encuentra diseminado en partículas muy finas en estos minerales.

El depósito de Yanacocha es un yacimiento de alta sulfuración en el cual el oro es el metal predominante, en este tipo de yacimiento estos depósitos de alta sulfuración se forman a poca profundidad de la corteza terrestre (1 km de profundidad) en el cual el oro se encuentra en forma diseminada acompañado con otros metales tales así como cobres, por ejemplo Covelita, Calcosita, Enargita, Calcopirita, Pirita, etc.

La zona de Yanacocha presenta tres tipos de alteración que es el argílico avanzado, argílico y la alteración sílica, esta a su vez se diferencia en 3 tipos Sílica buggy, Sílica granular y la Sílica masiva, comúnmente el oro se encuentra alojado en este tipo de alteración; el oro en la Sílica buggy se

encuentra alojado en las hoquedades que fueron producto de la lixiviación de las plagioclasas que fueron atacadas por fluidos ácidos con pHs menores a uno. En la Sílica granular que es posterior a la Sílica Buggy por productos de fluidos hidrotermales que hace a la Sílica buggy alterar mucho mas dando como resultado una Sílica mucho mas deleznable por lo tanto el oro se encuentra alojado en el material muy fino. El oro en la Sílica masiva generalmente se encuentra alojado en las fracturas de esta roca; en la Sílica granular también podemos diferenciar otro tipo de alteración que comúnmente la llamaremos la Sílica granular compacta, esta sílica granular compacta es el intermedio entre una sílica masiva y una sílica granular.

El oro lo podemos encontrar en el argílico y argílico avanzado, pero este se encuentra alojado en los sulfuros, nosotros sabemos que Yanacocha es un tipo de yacimiento muy diferente en todos sus distritos tales como Yanacocha, Maqui Maqui, Carachugo, San José, Cerro Negro y otras zonas que están en actualmente siendo explotadas como El Tapado, Chaquicocha.

1.7 Minería

Debido a que la ocurrencia de mineralización de óxidos se inicia en la superficie y se extiende a poca profundidad, el metodo más apropiado para extraer el mineral es el tajo abierto. El método de minado en Minera Yanacocha es de tajo abierto con voladura y carguío con cargadores frontales de 20 a 40 Toneladas y camiones de 200 hasta 250 toneladas.

Debido a que el mineral esta expuesto en la superficie, no se requiere de significativo desbroce. El camino de transporte del tajo hacia la cancha de lixiviación tiene longitudes variables dependiendo del tajo en explotación y el ancho mínimo de la vía principal por donde transitan los camiones gigantes es de 30 metros, actualmente los cerros que estan siendo explotados son: La Quinoa, Yanacocha y Chaquicocha.

1.8 Reservas y Producción

La producción de oro en los 13 primeros años en Minera Yanacocha SRL ha crecido significativamente, desde 81 497 onzas de oro en el año 1993, hasta alcanzar los 3.3 millones de onzas de oro en el año 2005, convirtiéndose así en la primera Compañía Minero Metalurgica del Perú, siendo a la vez una de las compañías de mayor generación de divisas.

La producción de oro del año 2010 alcanzó los 1.534 millones de onzas de oro, para el año 2011 se espera una producción de 1.322 millones de onzas de oro; para los próximos 3 años Minera Yanacocha SRL producirá un promedio de 1.25 millones de onzas de oro.

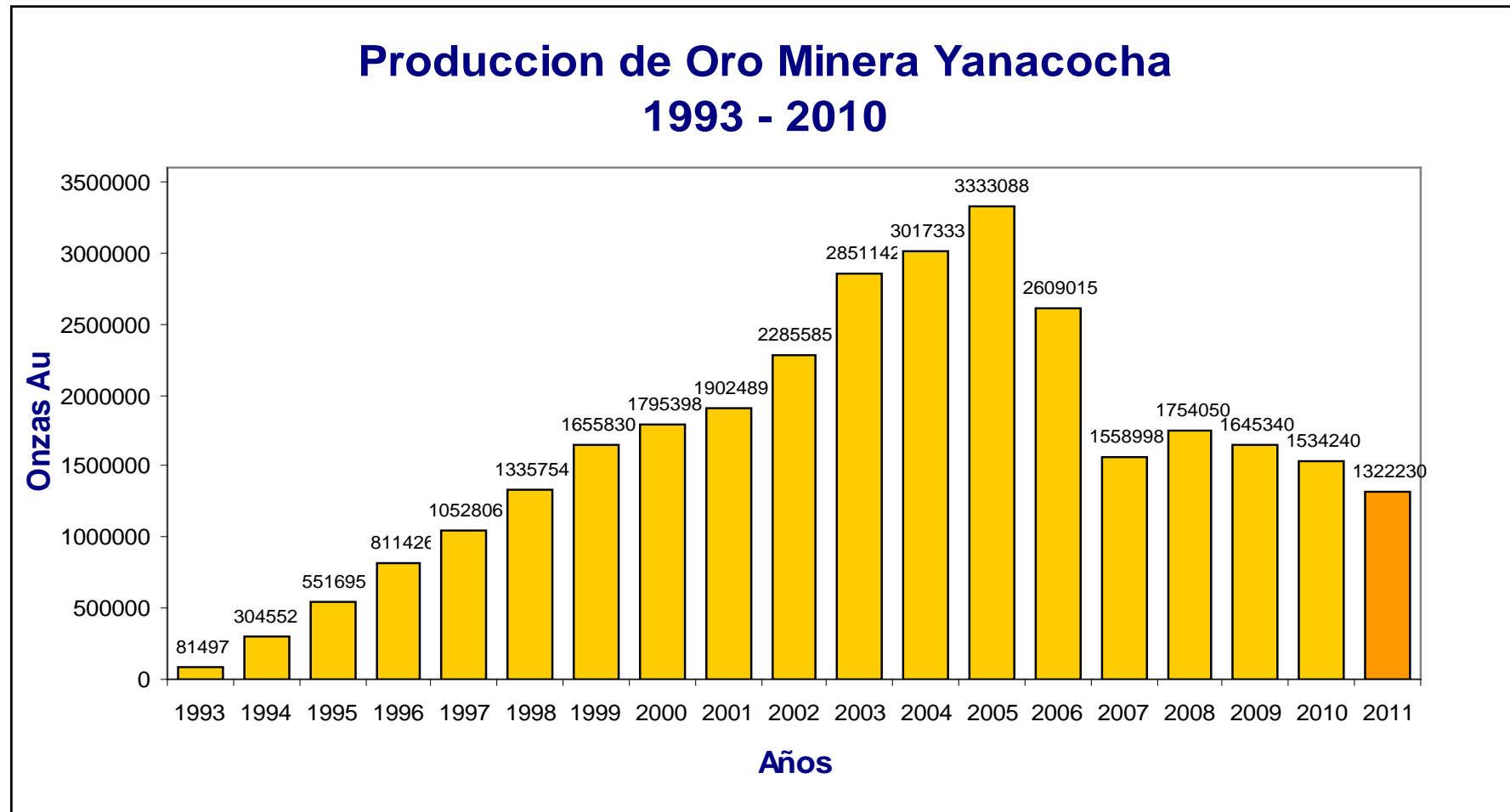


Figura 1.3 Producción de onzas de oro de Minera Yanacocha desde sus inicios en 1993

CAPITULO II

PRECIPITACION DE ORO CON ZINC

2.1 INTRODUCCION

La precipitación o cementación de oro con zinc fue introducido comercialmente para el tratamiento de las soluciones de lixiviación con cianuro in 1890, y posteriormente ha sido ampliamente aplicado en la industria metalúrgica. El proceso que se conoce comúnmente como precipitación Merrill-Crowe, después de sus pioneros ha evolucionado para ser altamente eficiente, con la recuperación de oro desde la solución alcanzando eficiencias de 98% rutinariamente y en algunos casos hasta 99.5%. El proceso Merrill-Crowe tiene ventajas de costos sobre el proceso de adsorción con carbón de soluciones que contengan alto contenido de oro y plata además tiene la ventaja de manejar mucho más fácilmente las fluctuaciones de la ley de oro en solución. Para el tratamiento de soluciones de bajo contenido de oro y plata, el uso de la adsorción con carbón se ha convertido en un paso intermedio en la ruta del proceso, principalmente debido a menores costos operativos y de capital.

La cementación de oro con zinc fue utilizado por primera vez para tratar soluciones calientes, de alto grado producido por elución de carbón en 1981 en los Estados Unidos, y Sudáfrica y posteriormente ha sido ampliamente aplicada en todo el mundo como una alternativa al electrowinning.

La tecnología del carbón activado constituye una alternativa para la recuperación del oro. Sin embargo, la cementación de metales es otra alternativa muy eficiente y aplicativa en la metalurgia del oro, que se basa en la sustitución del zinc por el oro disuelto, formando un precipitado o cemento que luego será tratado por métodos pirometalúrgicos a fin de obtener el doré.

La cementación del oro, a partir de soluciones cianuradas y bajo ciertas condiciones especiales, es conocida como el Proceso Merrill-Crowe, de gran aplicación en plantas metalúrgicas auríferas, como es el caso de Minera Yanacocha que usa esta técnica como parte de su proceso Metalúrgico obteniendo un precipitado de buena calidad para posteriormente pasar a la etapa de fundición.

2.2 REACCIONES QUIMICAS:

2.2.1 Reacciones Anódicas:

La oxidación anódica del zinc en solución acuosa esta dada por:



En soluciones de cianuro el zinc forma un complejo de cianuro estable:



En suficiente solución alcalina oxidante y dependiendo de la concentración de cianuro el zinc puede corroerse y formar otras especies como:



Las regiones de estabilidad de estas especies en solución son ilustradas en el siguiente diagrama.

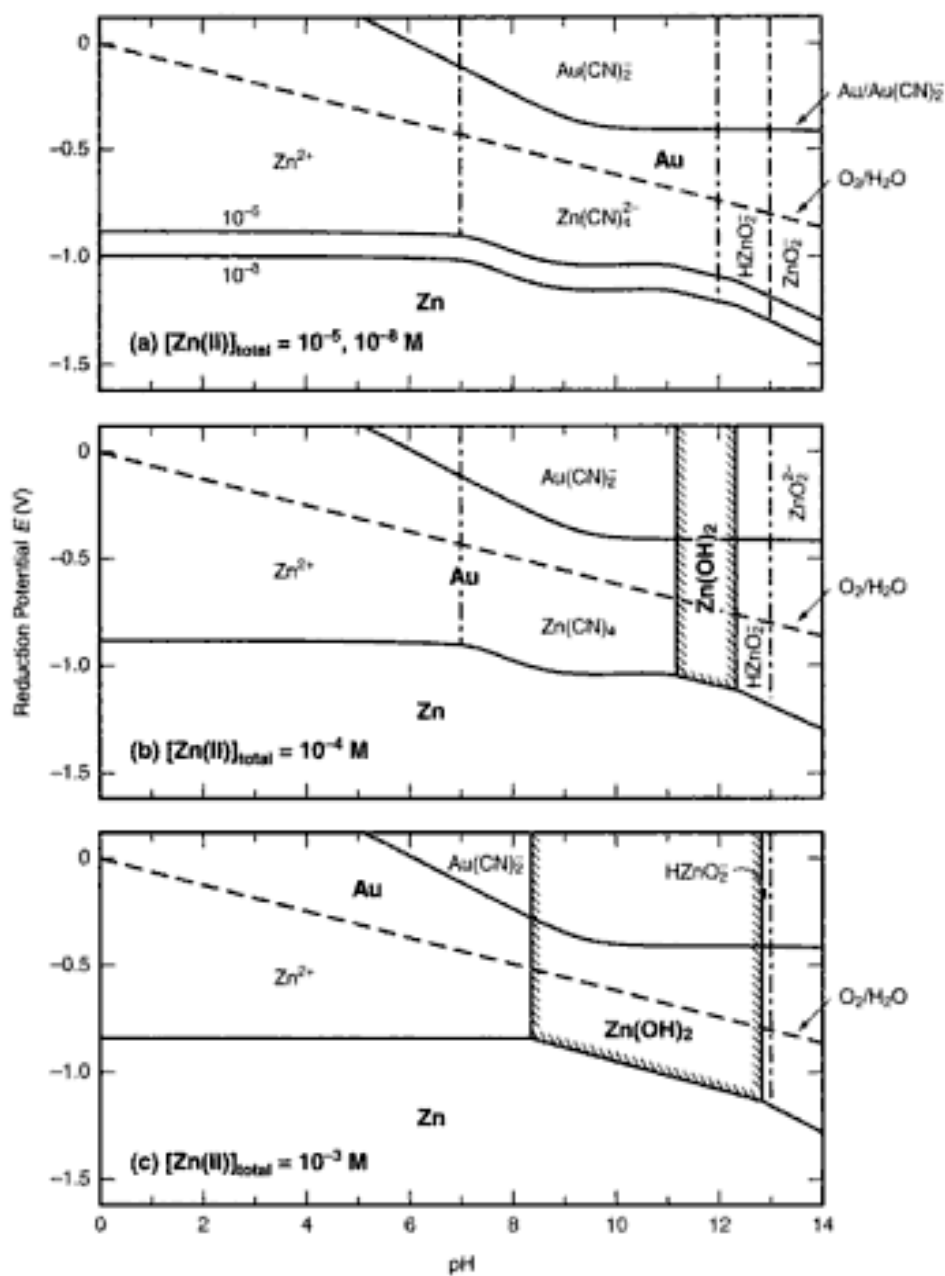


Figura 2.1 diagrama de equilibrio pH – Potencial para el sistema Zn-CN-H₂O a 25°C incluyendo algunos equilibrios entre Au, CN y H₂O. [1]

La formación de un precipitado de hidróxido de zinc es altamente indeseable porque este producto puede cubrir la superficie del zinc, causando pasivación e inhibiendo la precipitación del oro y la plata, por lo tanto se debe considerar el efecto del pH, concentración de cianuro y zinc en la formación de hidróxido de zinc.

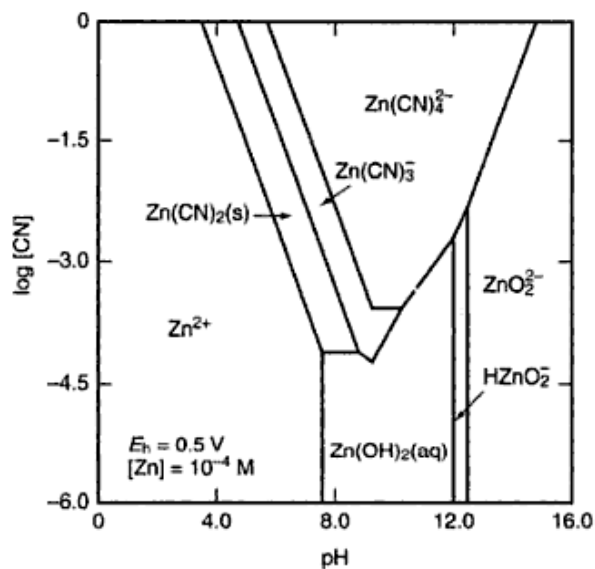


Figura 2.2 Log [CN⁻] pH diagrama del Zn-CN-H₂O a 25°C [1]

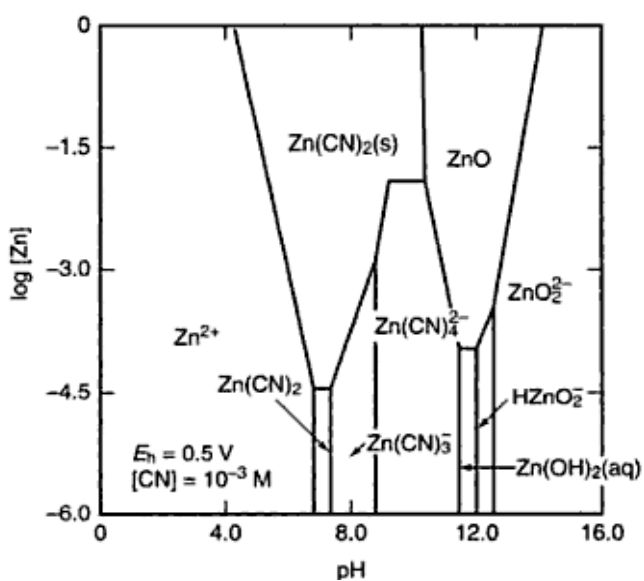
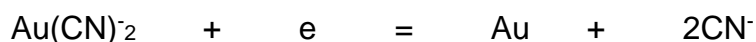


Figura 2.3 Log [Zn] - pH diagrama del Zn-CN-H₂O a 25°C [1]

2.2.2 Reacciones Catódicas

La disolución de zinc en soluciones cianurada forma la parte anódica de un par de reacciones electroquímicas; la reducción catódica acompañante es la deseable precipitación de oro y otros metales, uno de las muchas reacciones laterales indeseables posibles, incluyendo la reducción de agua oxígeno, y otras especies en solución.

Reducción de oro: La reducción catódica de oro de la solución cianurada alcalina es expresada como:

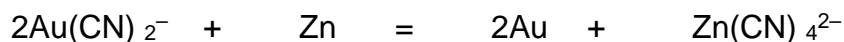


Donde:

$$E = -0.6 + 0.118 \log [\text{CN}^-] + 0.0591 \log [\text{Au}(\text{CN})_2^-] \quad (\text{V})$$

La línea que representa esta ecuación a sido superpuesta en el diagrama de Eh-ph para el sistema Zn – CN – H₂O, dado en la figura 2.1 esto aparece entre pH = 9.5 - 11, en el rango de cianuro libre, zinc y concentraciones de oro usualmente presente en la lixiviación con CN y en las soluciones de elución del carbón, la diferencia de potenciales para las dos reacciones es 0.5V, indicando una acentuada fuerza de conducción termodinámica para las reacciones de precipitación.

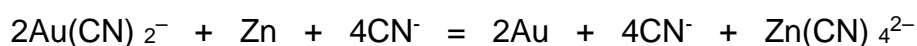
El mecanismo de las reacciones de precipitación es ilustrado esquemáticamente en la figura 2.4 muchas expresiones han sido usadas para describir la reacción de precipitación del zinc, la más común:



Aunque esta expresión netamente combina las 2 partes de las reacciones y cancela las especies de cianuro libre asociadas con cada reacción, es

probablemente incierto que las reacciones anódicas y catódicas no puedan ocurrir físicamente, un requerimiento para la transferencia directa de iones cianuro entre las 2 especies de oro y una de zinc, se aprecia en la ecuación 8.13. Algo similar a la transferencia directa es improbable, para cualquier otra extensión significativa, debido a la baja concentración de oro en la solución (típicamente menor a 0.0005M) producida durante leaching y cualquier elución de carbón.

La expresión que más exactamente describe la estequiometría de la reacción es:



Esta es la mas importante, pues es una reacción de primer orden con respecto a la concentración de cianuro apto para ciertos valores limites de cianuro.

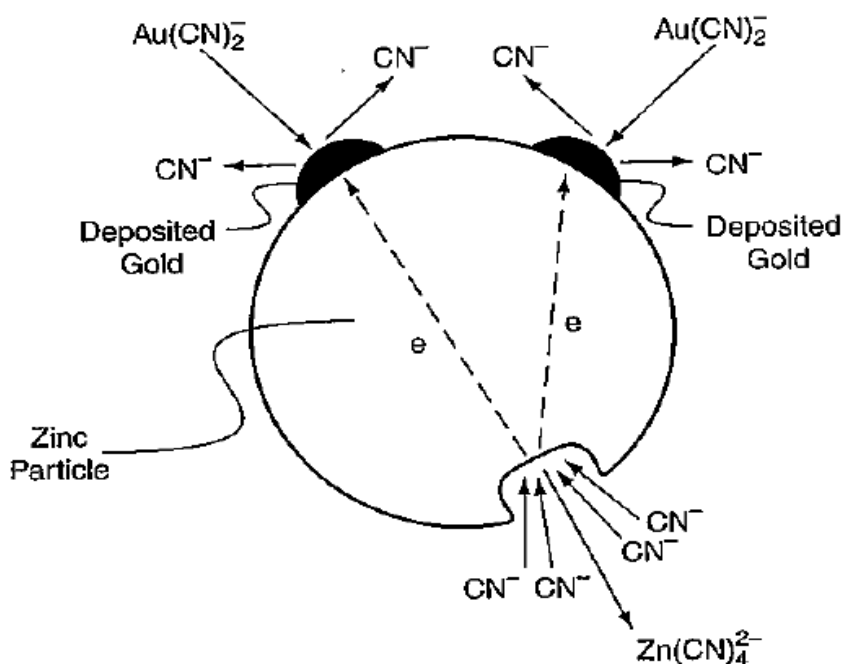


Figura 2.4 Representación esquemática del mecanismo de precipitación de oro sobre el zinc. [1]

2.2.3 Reducción de otros metales

Otros complejos metálicos de cianuro que son más positivos que el zinc en la serie electroquímica se muestra en la tabla 2.1, estos también serán reducidos y posiblemente coprecipitados con oro en el producto sólido. Los sobre potenciales para ambos plata y mercurio son considerados mas que para el oro y ambos son precipitados efectivamente. Cobre, fierro níquel y cobalto son también desplazados por el zinc, pero tienen pequeños sobre potenciales y su precipitación es menos eficiente.

Tabla 2.1 Potenciales de equilibrio para la reducción de varios iones metálicos de cianuro. (0.2% NaCN) [2]

Reacción	N° de e ⁻ involucrados	E _{eq} (V)
Hg(CN) ₄ ²⁻ → Hg	2	-0.33
Pb(CN) ₄ ²⁻ → Pb	2	-0.38
Ag(CN) ₂ ⁻ → Ag	1	-0.45
Au(CN) ₂ ⁻ → Au	1	-0.63
Cu(CN) ₃ ²⁻ → Cu	1	-0.75
Fe(CN) ₆ ⁴⁻ → Fe	2	-0.99
Ni(CN) ₄ ²⁻ → Ni	2	-1.07
Zn(CN) ₄ ²⁻ → Zn	2	-1.22
O ₂ → 2OH ⁻	pH=13	0.45
2H ₂ O → H ₂ + 2OH ⁻	pH=13	-0.78

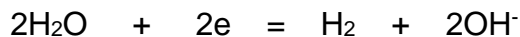
Reducción de agua y oxígeno: el zinc se disuelve a potenciales mas negativos que las reacciones de reducción del oxígeno y agua, como se indica en la Tabla 2.1. Las importantes partes de las reacciones son las siguientes.



Donde

$$E = 1.229 - 0.0591 \text{ pH} + 0.0147 \log p\text{O}_2 \quad (\text{V})$$

y



Donde:

$$E = -0.828 - 0.0591\text{pH} - 0.0295 \log p \text{H}_2(\text{V})$$

2.3 REACCIONES CINÉTICAS Y FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE PRECIPITACION DE ORO

La precipitación de oro con zinc desde soluciones cianuradas procede según los siguientes pasos:

Transporte másico de auro cianuro (I) y especies de cianuro libre en la superficie del zinc desde solución bulk.

Adsorción de especies de auro cianuro (I) sobre la superficie del zinc el cual incluye la formación de una especie intermedia adsorbida de AuCN.

La transferencia de electrones (e^-) entre especies de auro cianuro adsorbido y zinc, y la disociación simultánea de las especies de auro cianuro y la formación de un complejo de cianuro de zinc.

Las investigaciones del rendimiento general de la cinética de precipitación forma la curva del potencial mostrado en la figura 2.5 estas investigaciones han mostrado que bajo las condiciones típicas industrialmente aplicadas, la velocidad de precipitación es controlada por el transporte de masa con la difusión de la película de iones de auro cianuro a la superficie del zinc. Las conclusiones se sustentan en la medida de la energía de activación para la reacción de 13KJ/mol, lo cual está dentro del rango caracterizado para el control de transporte másico.

La cinéticas de la precipitación son generalmente de primer orden, aunque la desviación puede ocurrir dependiendo de la morfología del precipitado

formado y cualquier formación de de capas pasivantes o por recubrimiento de la superficie del zinc, por ejemplo con $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

La reacción de precipitación procede de un potencial mixto en el cual el punto anódico es igual y opuesto al catódico. Como se sabe, la velocidad de las reacciones electroquímicas esta directamente relacionado a lo actual y a una mezcla de potenciales, donde la velocidad de ambas reacciones anódica y catódica son iguales. La constante de la velocidad de reacción para la precipitación del oro ha sido estimada entre 0.004 y 0.017 cm/s. Es interesante saber que la velocidad de precipitación de plata es entre 3 y 4 veces mas rápido que la del oro debido al mayor sobre potencial para dicha reacción.

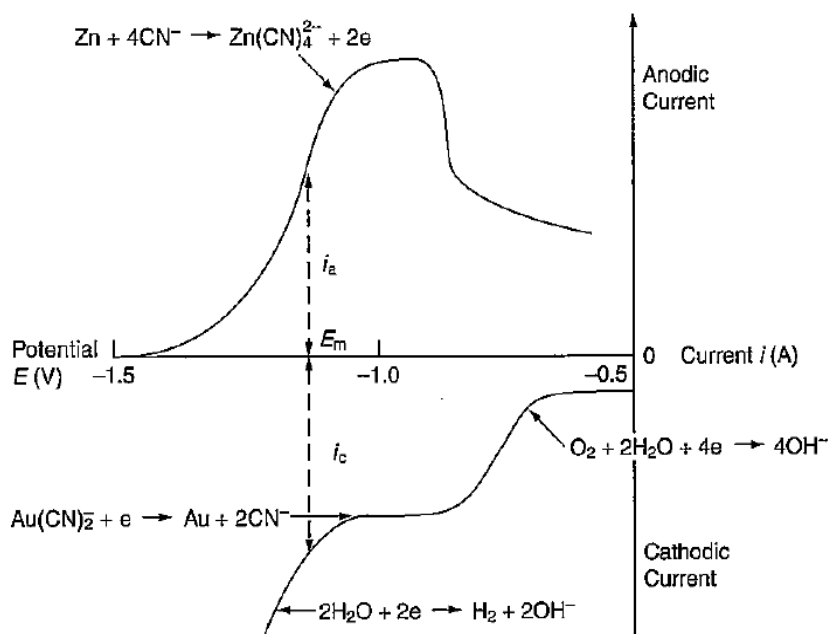


Figura 2.5 Forma general de las curvas de potencial para la precipitación de oro con zinc. [1]

La velocidad de la semi reacción de la parte anódica afecta la cinética si:

La concentración de cianuro cae por debajo del valor crítico, discutido en la sección 2.3.2

La superficie del zinc esta bloqueado por un producto insoluble o una película por ejemplo de coloide de sílica, alúmina, o hidróxido de zinc.

2.3.1 Concentración de oro

En soluciones diluidas de oro, la velocidad de precipitación aumenta con el incremento de la concentración de oro como es esperado para la reacción controlada por el transporte másico de especies de cianuro de oro sobre la superficie de zinc. Este efecto es ilustrado en la figura 2.6, la cual muestra experimentalmente y teóricamente (calculado de la ecuación Levinch) la data de la velocidad, indicando la conformidad cercana de la reacción al mecanismo controlado de transporte másico previamente propuesto.

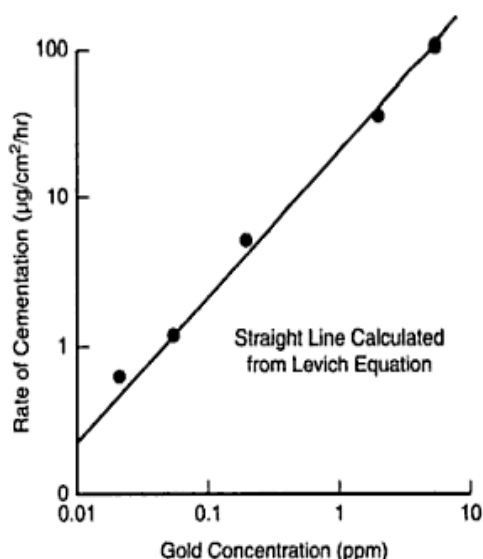


Figura 2.6 Efecto de la concentración de oro y la velocidad de cementación. [1]

Otro trabajo a indicado una desviación de comportamiento de primer orden, donde la velocidad de la reacción actualmente disminuye con el aumento de

la concertación de oro .Este efecto es mas frecuente en soluciones con alto grado de oro y es atribuido a la morfología del precipitado formado ya sea un efecto retardado del oro depositado, un fenómeno de partículas agregadas (lo cual ocurre a altas concentraciones de oro y bajas temperaturas) o una combinación de los dos. Todos estos posibles mecanismos restringen el acceso de la solución cianurada de oro a la superficie del zinc.

2.3.2 Concentración de Cianuro

En la practica, la concentración de cianuro libre afecta la velocidad de precipitación solo si este esta por debajo de un cierto valor mínimo, el cual depende de la concentración de oro y ph .Bajo este valor la velocidad es controlada ya sea por la difusión de cianuro en la superficie del zinc o es retardada por la formación de una capa pasivante de hidróxido de zinc. Para el tratamiento de soluciones diluidas cianuradas de oro (aproximadamente menor a 1 g/t Au) a ph = 10.5, la concentración critica esta entre 0.001 y 0.004 M de cianuro libre, equivalente a 0.05 y 0.2 g/L NaCN, respectivamente.

2.3.3 Concentración de zinc

Las altas concentraciones de zinc pueden traer consigo la formación del hidróxido de zinc insoluble, lo cual puede pasivar la superficie de zinc y severamente reducir la velocidad de precipitación. Sin embargo las concentraciones de zinc producidas para el tratamiento de soluciones de lixiviación (precipitación Merrill Crowe) son usualmente bajas como resultado de la baja velocidad de zinc requerida.

2.3.4 Tamaño de partícula del zinc

Debido a que la precipitación del zinc es una reacción controlada por el transporte másico, un incremento en la área superficial de zinc disponible incrementa la cinética. La fineza del zinc que puede ser usado en sistemas industriales es usualmente limitada por los requerimientos de la filtración, las propiedades de filtración para el precipitado y para la disponibilidad (y calidad) de diferentes productos de tamaño de zinc en polvo. El área superficial incrementa también con el incremento de las velocidades de las reacciones laterales, las cuales incrementan el consumo de zinc; otro factor a ser considerado es que el polvo fino de zinc puede ser mas propenso a la oxidación superficial, por ende se debería tener cuidado extra almacenarlo en containers sellados, en un ambiente frío y seco.

Una distribución típica de tamaño de partícula para polvo de zinc disponible comercialmente es dada en la figura 2.7; el polvo de zinc tiene un área superficial aproximadamente 500 veces que las virutas de zinc, lo cual ilustra el significado del cambio de virutas para polvo a los principios de 1900.

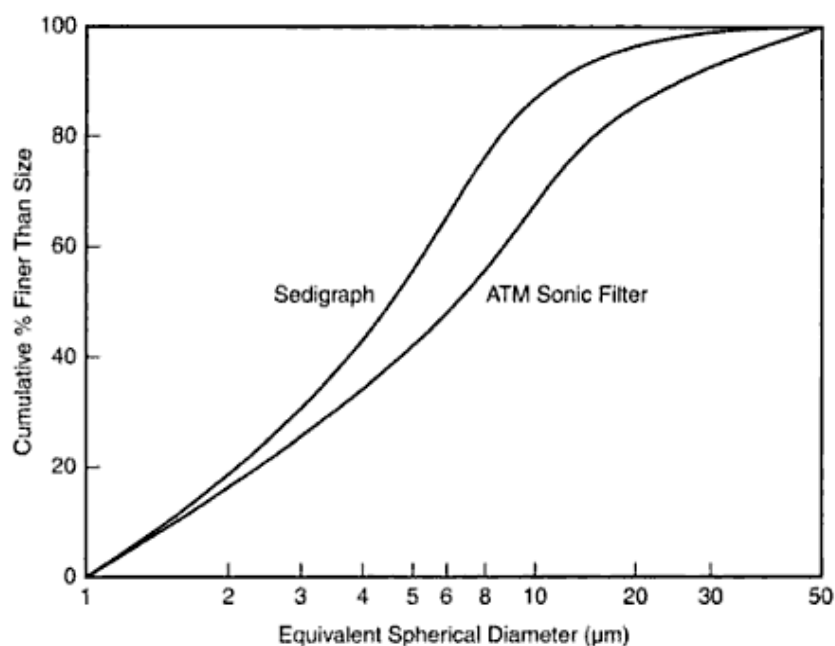


Figura 2.7 Distribución típica comercial del tamaño de partícula polvo de zinc. [2]

2.3.5 Temperatura

El efecto acelerado de la temperatura elevada en la cinética de la precipitación fue observado durante investigaciones tempranas en las reacciones químicas. En una primera instancia se noto que la misma cantidad de oro fue precipitado en 2 h a 35°C que lo precipitado en 24h a 20°C. El efecto es ilustrado claramente en la figura 2.8, a alta temperatura aumenta la velocidad de disolución de zinc y la evolución del hidrogeno, con una disminución asociada a la eficiencia de la precipitación; bajo estas circunstancias, la adición de Pb (II) puede reducir el consumo de zinc y mejorar la eficiencia de la precipitación.

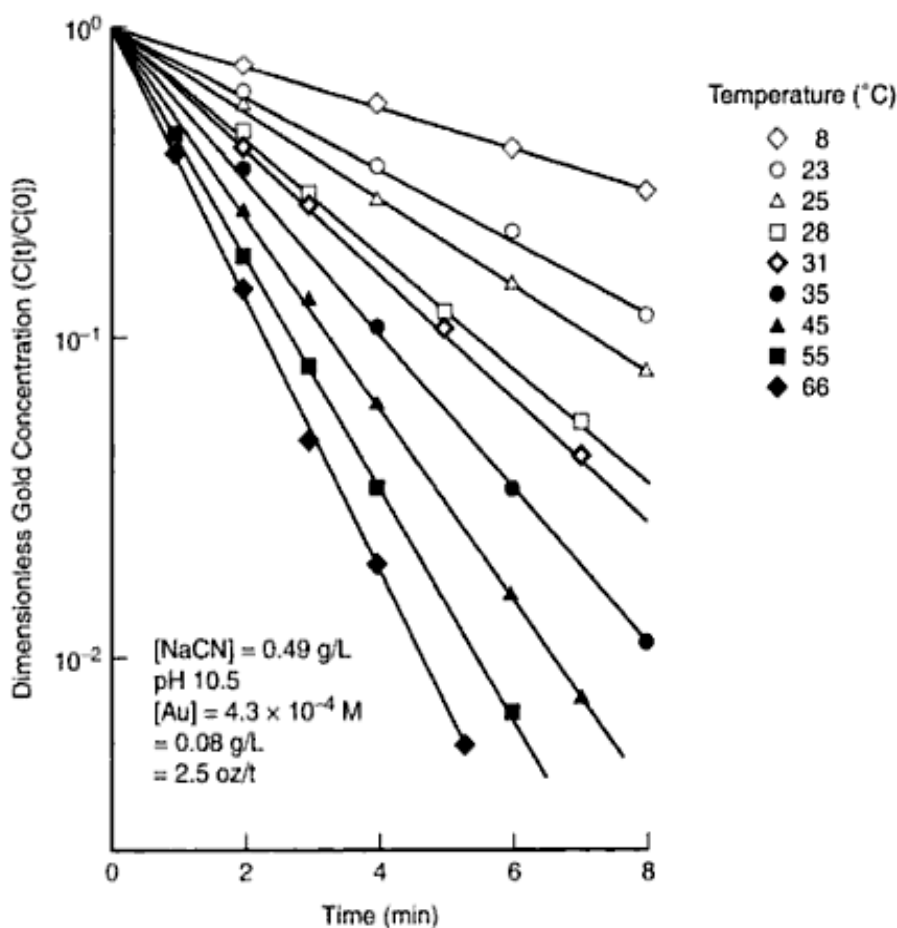


Figura 2.8 Velocidad de precipitación de oro a diferentes temperaturas. [2]

2.3.6 Concentración de oxígeno disuelto

La presencia del oxígeno disuelto reduce la cinética de la precipitación y la eficiencia. Así la reacción de reducción de oxígeno compite con la de la reducción del oro. La severidad de este efecto depende de la concentración de oxígeno disuelto y otras condiciones de precipitación, principalmente de la temperatura y la concentración de oro. En soluciones de cianuro de oro diluido a temperatura ambiente, como las aplicadas en la precipitación Merrill Crowe, el efecto llega a ser significativo a concentraciones de oxígeno disuelto sobre 0.5 -1.0 mg/L como resultado las soluciones deberían ser antes desoxigenadas para la precipitación, así reducir el oxígeno disuelto (menor a 1.0 mg/L) y preferentemente (<0.5 mg/L).

Hay algunas evidencias que a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (0.5-1 mg/L) mejora la precipitación de soluciones de cianuro de oro diluidas y frías. Esto es atribuida a la acción de polarizante de oxígeno en áreas catódicas de la superficie del zinc por la reacción con hidrógeno tal como es desarrollado.

2.3.7 pH

Investigaciones tempranas indicaron que el pH óptimo para la precipitación de soluciones diluidas frías está en el rango 11.5 - 11.9 de pH; subsecuentemente, el efecto de pH encontrado está sobre el rango de 9 a 12, como se muestra en la figura 2.9. La precipitación es severamente retardada bajo pH 8 debido a la fuerte reducción del cianuro libre. En la práctica el pH mínimo es limitado por la pérdida de cianuro por la hidrólisis, la cual llega a ser significativa por debajo de pH = 9.5. A valores de pH mayores a 12 la velocidad de precipitación se encuentra que cae de picada debido al exceso de la evolución de hidrógeno.

El pH de la solución también tiene un efecto marcado en la formación de hidróxido de zinc, lo cual puede inhibir la precipitación por la formación de una capa insoluble sobre el zinc (ver figuras 2.2 y 2.3)

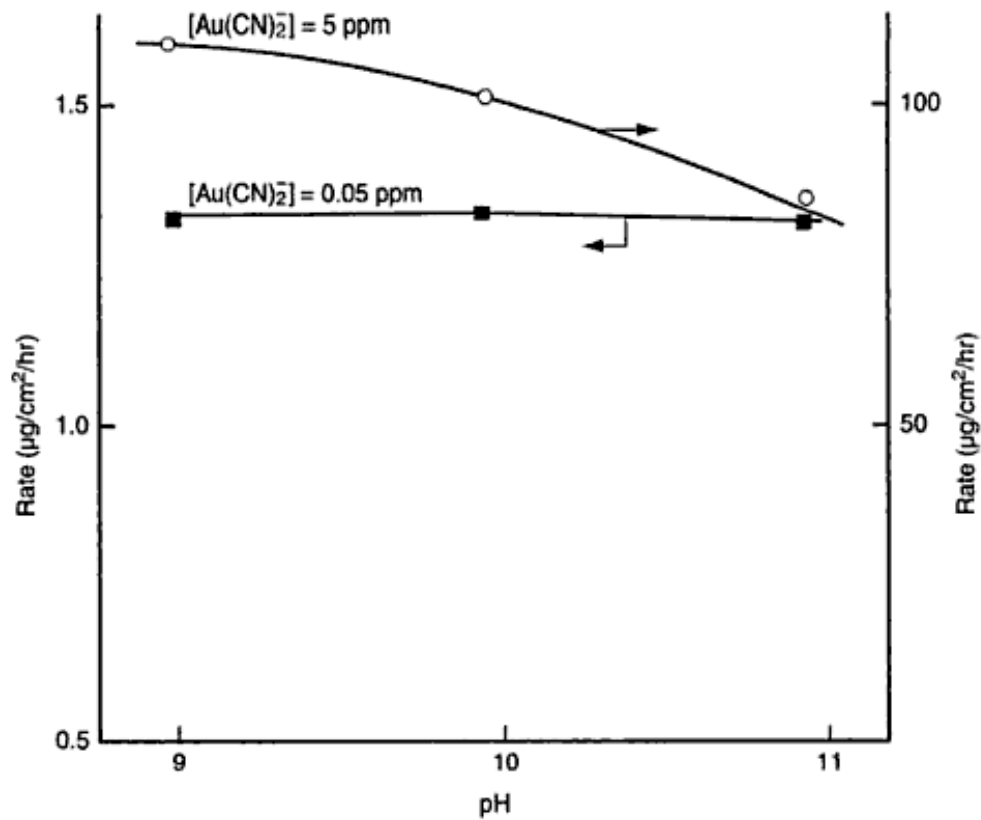


Figura 2.9 Efecto del pH sobre la velocidad de cementación $\text{NaCN} = 0.01\text{M}$ [2]

CAPITULO III

APLICACIÓN PRACTICA DEL PROCESO MERRILL CROWE PLANTA PAMPA LARGA

Para llevar acabo eficientemente este proceso se tiene que contralar las variables que afectan la eficiencia del proceso en mención que se enunciaron en el capitulo II para ello lo dividiremos en tres etapas.

3.1 ETAPAS DEL PROCESO MERRILL CROWE:

Etapa 1: Clarificación.

Etapa 2: Deareación.

Etapa 3: Cementación

3.1.1 Clarificación:

En esta primera etapa la solución rica con una ley promedio de 1.0 gr Au/m³ de solución que se encuentra en el hooper es enviada a los 4 filtros clarificadores con 5 bombas, llamadas bombas hooper; el flujo se distribuye en 4 filtros clarificadores de 350 a 500 m³/h en cada filtro, dependiendo de la presión de cada filtro por la saturación del mismo, la solución rica atraviesa los filtros clarificadores por presión que ejercen las bombas hooper, quedando atrapada la turbidez en la capa de diatomita que se encuentra en cada sector del filtro reduciendo la turbidez en menos de 1.0 ntu.



Figura 3.1 Filtros Clarificadores Planta Yanacocha Norte.

Cabe mencionar que la turbidez de la solución rica es variable de acuerdo a la temporada, en temporada seca la turbidez es menor que en temporada de lluvias, esto hace que el consumo de diatomita sea mayor en temporada de lluvias, la turbidez de la solución rica puede variar de 1 a 50 ntu dependiendo de la temporada y las medidas preventivas que se puedan tomar en la poza de operaciones en donde se colecta la solución rica.

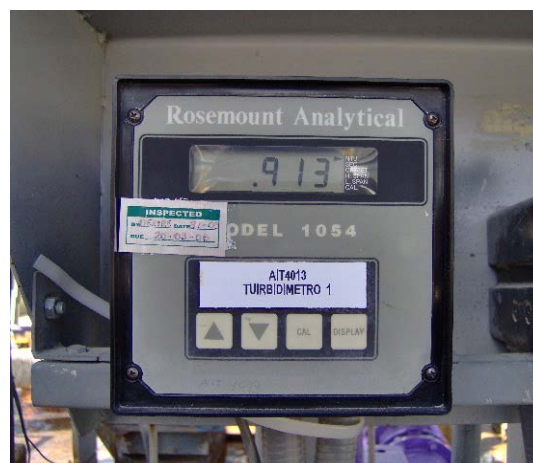


Figura 3.2 Equipo analizador de Turbidez en línea.

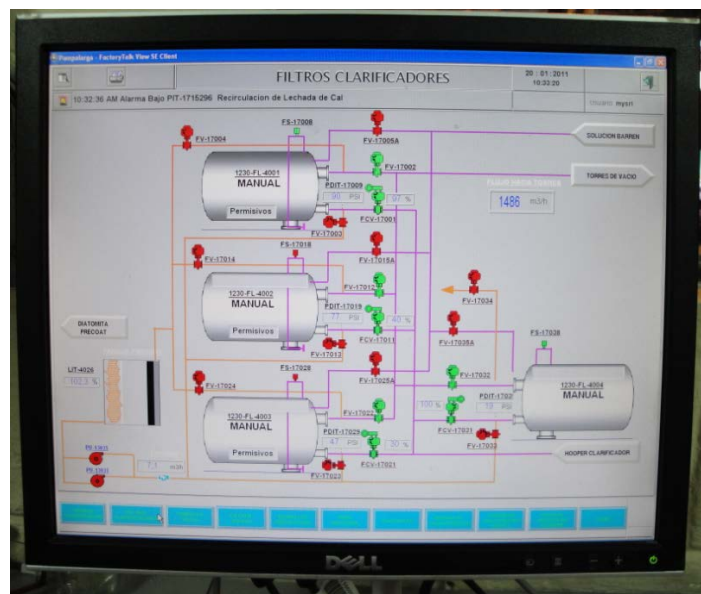


Figura 3.3 Vista de los Filtros Clarificadores en pantalla del Control Room.

3.1.1.1 Lavado y formación de la pre-capa de diatomita de los filtros clarificadores

El lavado de los filtros clarificadores depende la saturación del filtro (esto se observa cuando la presión del filtro se incrementa y el flujo tratado disminuye), el número de lavadas se incrementa en tiempo de lluvias o cuando la solución esta muy turbia; cuando la presión de ingreso de solución rica al filtro clarificador llega a 80 psi estando la válvula de ingreso al filtro clarificador al 100% abierta, en este momento se procede a lavar el filtro clarificador.

3.1.1.2 Procedimiento para lavado de filtros clarificadores

- Se cierra la válvula de ingreso y salida de solución rica del filtro clarificador.
- Se abre la purga y válvula de descarga que se encuentran en la parte inferior del filtro clarificador, una vez descargado el filtro se cierra la válvula de descarga quedando abierto solo la purga.

- Se activan los jets de lavado a presión que se encuentran en el interior del filtro clarificador y al costado de los sectores del filtro, para el lavado correspondiente de los sectores dentro del filtro, esta operación dura aproximadamente 5 minutos.
- Una vez lavado el filtro (esto se observa cuando la solución que sale por la purga se ve clara), se cierra la purga y se procede al llenado del filtro para su respectiva formación de capa de diatomita.

3.1.1.3 Procedimiento para la formación de la pre-capa de diatomita de los filtros clarificadores

Una vez terminado el lavado del filtro clarificador, se procede a formar una pre-capa filtrante con diatomita; para posteriormente poner en operación el filtro (recuperar el flujo de tratamiento obteniendo una solución filtrada con menos de 1 ntu); los pasos a seguir para la formación de la pre-capa son los siguientes.

- Se adicionan 2 bolsas de diatomita al tanque precoat de en un volumen de 4 m³ se solución aproximadamente.
- Se lanza la bomba de precoat para iniciar la formación de la pre-capa (a la vez se abre la válvula de ingreso de solución con diatomita al filtro y la válvula de retorno al tanque precoat), este flujo con diatomita recircula por el filtro clarificador y el tanque durante unos 3 minutos, tiempo necesario para formar la pre-capa de diatomita en los sectores del filtro clarificador.
- Luego se cierra la entrada y salida de la solución enviada por la bomba precoat, y a la vez se apaga dicha bomba.
- Inmediatamente se pone en operación el filtro clarificador, se abre la válvula de ingreso y salida de la solución rica, se regula el flujo de entrada y presión del filtro entre 20 y 30 psi.
- Ver anexo (Formación de pre-capa y adición de diatomita)

3.1.2 Deaeración

La eficiente precipitación del oro de la solución rica depende de una buena clarificación y la reducción del oxígeno disuelto en la solución a valores menores a 1ppm; la salida de los filtros clarificadores esta conectado directamente a las torres de vacío (2 torres de vacío) de modo que después de una buena clarificación, la solución rica entra a las torres de vacío donde se produce la deaeración de oxígeno de la solución

La solución al caer verticalmente dentro de esta unidad divide la solución en cascadas de delgadas películas aumentando su área superficial, promoviendo por esta vía una deaeración más eficiente y rápida.

En el interior de las torres de vacío se encuentran los empaques o dispersores de la solución rica, que tienen una forma cilíndrica de 2 pulgadas de diámetro aprox.



Figura 3.4 Dispersor de solución

La deaeración de la solución se produce mediante la succión del oxígeno disuelto en la solución por medio de 6 bombas de vacío que se encuentran conectadas a las torres de vacío, cabe mencionar que este dato de oxígeno

disuelto en la solución después del proceso de deaeración es visto en línea en las pantallas de la Sala de Control por el Técnico.

Conociendo los principios básicos de cianuración, la solución en presencia de oxígeno y cianuro, lixivia (disuelve) al oro, si tuviéramos oxígeno a valores por encima de 1 ppm durante la precipitación se estará favoreciendo la redisolución de las especies precipitadas (oro y plata) y por ende perjudicando la precipitación; dado que la cementación es un proceso de reducción, la remoción de los agentes oxidantes, como el oxígeno disuelto mejora la eficiencia de precipitación, evitando la contaminación del precipitado con óxido hidratado de zinc.

Después de la deaeración, la solución contiene de 0.30 a 0.70 ppm de oxígeno en solución rango permisible para una eficiente precipitación.



Figura 3.5 Torres de Vacío Planta Yanacocha Norte.



Figura 3.6 Bomba de vacío

3.1.3 Cementación

La cementación de oro desde soluciones cianuradas usando polvo de zinc es un proceso electroquímico, donde el zinc en presencia de solución cianurada se disuelve en los sitios anódicos y los electrones cedidos sirven para reducir los aniones complejos en los sitios catódicos.

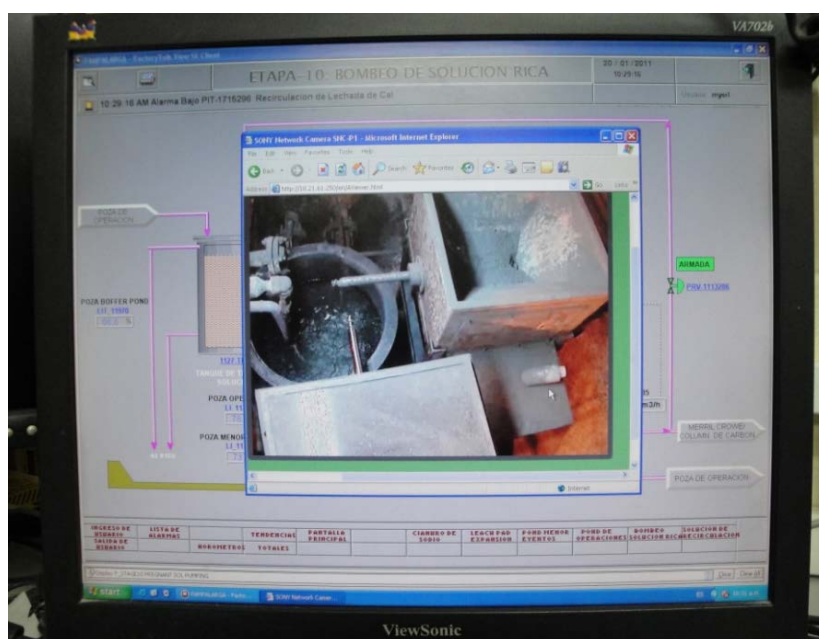


Figura 3.7 Dosificación de Zinc en polvo monitoreo por video cámara



Figura 3.8 Zinc en polvo (tamaño de partícula 6.3 micras)



Figura 3.9 Polvo de zinc utilizado en el proceso.

Las variables de control que se monitorean en forma permanente (monitoreo en línea) para una eficiente cementación del oro a partir de la solución rica son las siguientes.

- Turbidez de la solución rica menor a 1ntu.
- Control de oxígeno disuelto de la solución rica menor a 1ppm de oxígeno.
- Concentración adecuada de cianuro libre. 30 – 50 grCN/m³ de solución.
- pH de la solución rica en el rango de 9 - 11
- La solución deberá contener una adecuada adición de zinc en polvo de alta pureza, aquí es importante el monitoreo de la solución barren (solución estéril después de la cementación) para optimizar el consumo de zinc durante el proceso.

Se ha demostrado que este proceso (Merrill Crowe) es altamente eficiente si se controlan adecuadamente la variables, mucho depende de la experiencia del Técnico y Operador para solucionar inconvenientes de manera rápida y efectiva ya que una acción correctiva no eficaz podría traer consecuencias negativas para el proceso, como la disolución del precipitado que se encuentra en filtro prensa (precipitado obtenido de varios días de operación).

3.2 EVENTOS QUE AFECTAN EL PROCESO MERRILL CROWE

3.2.1 Corte de energía

Un corte de energía interrumpe el proceso y generalmente hay descompresión en todo el sistema, se corta la dosificación de reactivos (diatomita, zinc cianuro) se interrumpe el control de los parámetros en línea, lo crítico aquí es retomar el control de la operación luego que se energiza el sistema y volver a los parámetros óptimos para continuar con el proceso; muchas veces depende la experiencia del Técnico y Operador de la Planta para volver a las condiciones ideales en el menor tiempo posible.

3.2.2 Instrumentos de control descalibrados

Los instrumentos más críticos en este proceso son:

Turbidímetro: indicador de turbidez en el ingreso a los filtros clarificadores y a la salida de los mismos una mala lectura trae problemas de saturación en los filtros y reducción del flujo del proceso.

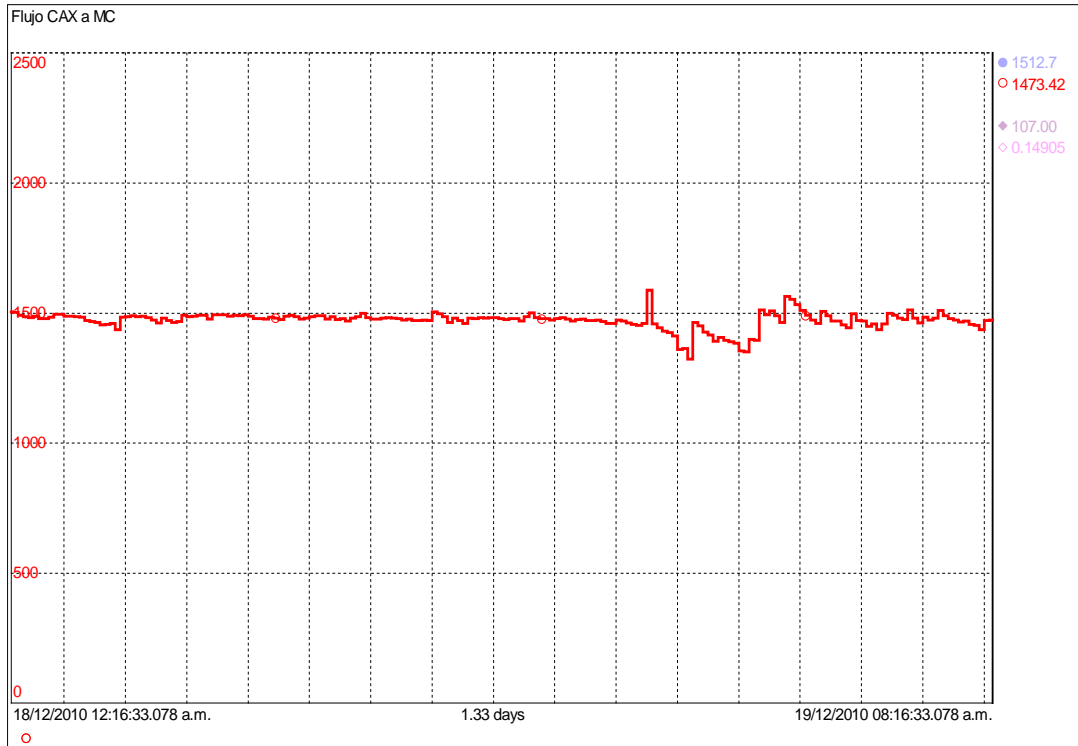
Oxímetro: Indicador de oxígeno de la solución rica a precipitar, instrumento bastante crítico ya que de no tener una lectura real podríamos perder el control del proceso hasta llegar al extremo de redissolver el oro precipitado en caso de exceso de oxígeno en la solución (mayor a 1 ppm de oxígeno en solución)

Equipo Analizador de oro: Este equipo se utiliza para medir la cantidad de oro en solución rica y la cantidad de oro en solución después del proceso de cementación (solución barren) las lecturas que realiza el Técnico en este equipo sirve para garantizar que el proceso se está realizando eficientemente, estas lecturas son tomadas cada hora cuando la operación es estable.

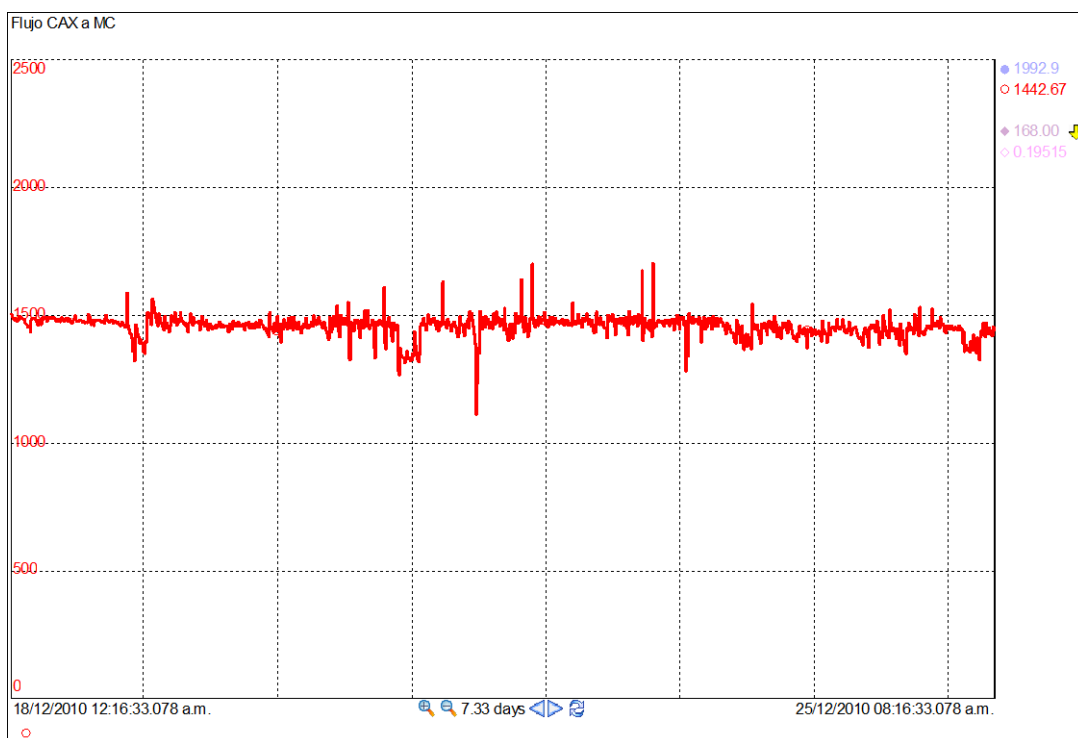
3.3 CONTROLES OPERATIVOS EN LINEA

3.3.1 Control del flujo

El flujo de tratamiento de solución rica en la Planta Merrill Crowe es uno de las principales variables a contralazar; como planta Pampa larga tiene que cumplir con un flujo de 1450 m³/h promedio durante las 24 horas. Para ello la Planta cuenta con instrumentos de control en línea que se pueden visualizar en la pantalla de control room del Técnico.



Grafica 3.10 Control de flujo en línea (tendencia de 24 horas).



Grafica 3.11 Control de flujo en línea (tendencia de 1 semana).

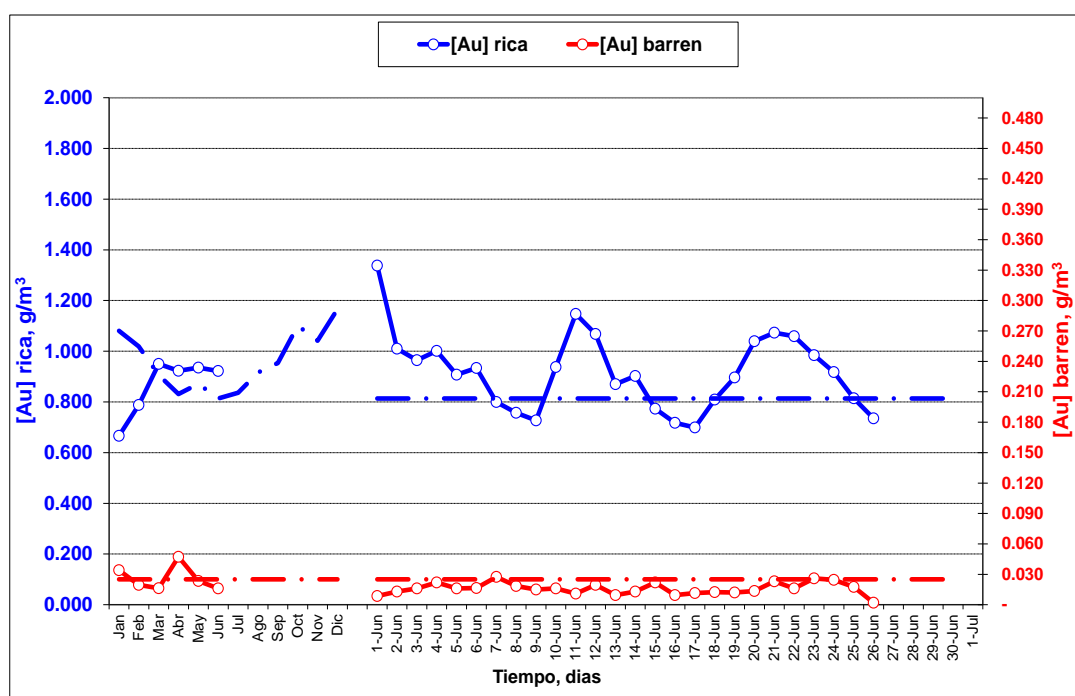
3.3.2 Control de ley solución rica y ley solución barren

La ley de solución rica (cantidad de oro en la solución a procesar) y la ley de solución barren (cantidad de oro en la solución después del proceso de cementación) es otra de las principales variables a controlar.

Actualmente la Planta Merrill Crowe de Pampa Larga recibe flujo de solución rica desde las pozas colectoras de solución (Poza de Operaciones Carachugo 10 y/o Poza de Operación de Carachugo Antiguo) y esta solución es mezclada con la solución super rica proveniente de la planta de carbón de Pampa Larga, se debe cumplir el siguiente plan:

Ley de solución rica: 1.00 grAu/m³ de solución.

Ley de solución barren: 0.03 grAu/m³ de solución



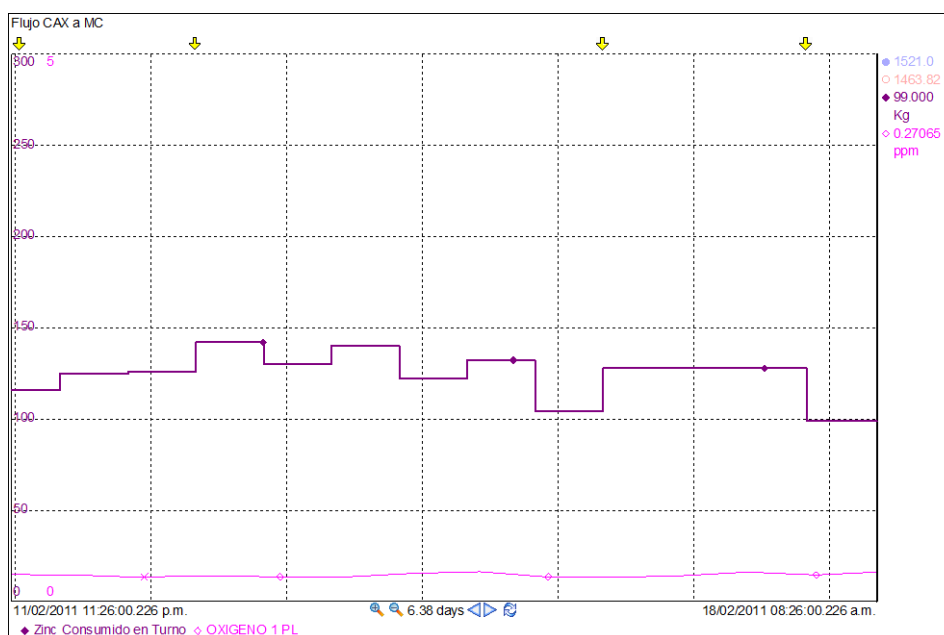
Grafica 3.12 Control de solución rica y barren (tendencia del mes de junio-11).

3.3.3 Control de oxígeno en solución antes de la cementación

Variable crítica del proceso de cementación como ya hemos mencionado en el Capítulo II (2.3.6) La presencia del oxígeno disuelto reduce la cinética de la precipitación y la eficiencia; el efecto llega a ser significativo a concentraciones de oxígeno disuelto sobre 1.0 mg/L como resultado las soluciones deberían ser antes desoxigenadas para la precipitación, así reducir el oxígeno disuelto (menor a 1.0 mg/L) y preferentemente (<0.5 mg/L), este control se puede ver en línea en la pantalla del control room.

3.3.4 Control del consumo de zinc

Otra variable crítica de control, insumo importante a controlar, la cantidad de zinc que va adicionándose al proceso tiene que ser la adecuada ya que un exceso traerá problemas adversos a la operación durante y después de la cementación, aparte de los gastos innecesarios por un exceso de zinc.



Grafica 3.13 Control de oxígeno y zinc (tendencia de una semana).

3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO MERRILL CROWE

3.4.1 Ventajas

- Bajos costos de labor para la operación y mantenimiento.
- Gastos reducidos de capital para la instalación.
- Puede manejar altas cantidades de oro y plata disueltas.
- No es necesario la adición de sales de plomo.
- Alta eficiencia del proceso 98% para leyes promedio de 1 ppm de solución rica.
- Se pueden mezclar las soluciones ricas desorbidas del carbón activado sin ningún problema.

3.4.2 Desventajas

- La solución rica necesita pre-tratamiento antes de la precipitación.
- El proceso es sensible a iones interferentes.
- Las soluciones tienen que ser desoxigenadas, un nivel de oxígeno por encima de 1 ppm es perjudicial para la cinética de cementación.
- La cantidad de cianuro libre tiene que ser la optima para obtener una buena eficiencia de cementación.
- Muchas veces la oscilación de energía o en el peor escenario el corte de energía puede desestabilizar la operación durante muchas horas.

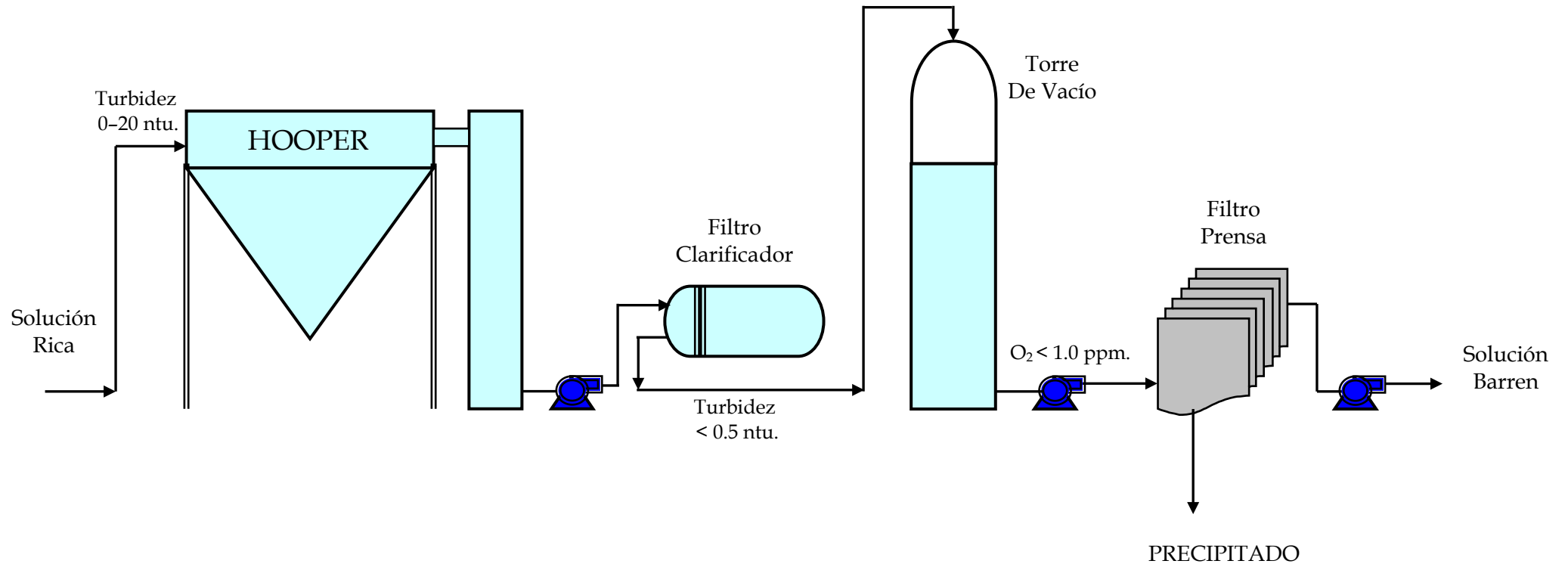


Figura 3.14 ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO MERRILL CROWE.

CONCLUSIONES

1. El proceso Merrill Crowe es altamente eficiente si se controlan adecuadamente sus tres etapas principales: clarificación, desoxigenación y precipitación.
2. Es importante controlar la turbidez de la solución rica desde su ingreso a los filtros clarificadores, por ello el control de la turbidez en las pozas colectoras de solución rica por parte del Operador juega un rol vital.
3. La dosificación de diatomita para terminar la formación de la capa filtrante en los sectores del filtro clarificador debe ser continua y controlada, esto previene la saturación prematura del filtro clarificador.
4. El control del oxígeno disuelto en solución debe ser menor a 1 ppm para asegurar una buena eficiencia de la cementación del oro sobre el zinc, para ello se debe garantizar el buen estado del oxímetro, y el continuo monitoreo de este indicador.
5. Es importante la calidad del zinc a ser utilizado con respecto a la pureza y al tamaño de partícula; tamaño de partícula promedio del zinc utilizado es de 6.3 micrones.
6. Una exposición del zinc utilizado al medio ambiente por largo tiempo podría oxidar el mismo y dejar ser eficiente al momento de la cementación lo que causaría la pasivación del zinc.

7. No es necesario la utilización de sales de plomo como ayuda en la cementación en el Proceso Merrill Crowe en ambas Plantas (Pampa Larga y Yanacocha Norte).
8. Una adecuada dosificación de cianuro libre a la solución garantiza una eficiente cementación del oro sobre la partícula de zinc; rango óptimo < 30 – 50 ppm de cianuro libre.
9. Las soluciones desorbidas de la Planta de Carbón se mezclan con las soluciones ricas de la Planta Merrill Crowe sin causar efectos negativos en el proceso de cementación.
10. El monitoreo continuo y responsable del Técnico y Operador de la planta Merrill Crowe es la clave de este proceso.
11. Se ha llegado a procesar soluciones con valores hasta con 0.5 gr Au/m³ de solución llegando a obtener eficiencias de cementación mayores a 95% sin ningún problema.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **John O. Marsden and C. Iain House**, "The Chemistry of Gold Extraction", Second Edition - 2006
- [2] **Esteban M. Domic**, "Hidrometalurgia", Fundamentos, Procesos y Aplicaciones, Primera Edición - 2001
- [3] **Juan Vargas Gallardo**, "Metalurgia del oro y la plata" Segunda Edición - 1990
- [4] **Tecsup Virtua@I**, "Metalurgia Extractiva del Oro" - 2004
- [5] **Minera Yanacocha SRL**, "La Jalca de Oro" - 2004
- [6] **Estudios Mineros del Perú SAC**, www.estudiosmineros.com
- [7] **Estudio del Proceso Merrill Crowe**, "Universidad de Nevada - Reno"

ANEXOS

ANEXO 1

MSDS:

**HOJA DE INFORMACION DE USO SEGURO DE PRODUCTOS QUIMICOS
PELIGROSOS USADOS EN EL PROCESO MERRILL CROWE.**

DIATOMITA, CALCINADA

(ChemWatch Name: CELITE)

ChemWatch Material Safety Data Sheet (REVIEW)
CHEMWATCH 18481

Date of Issue: Jue 30-May-2002

Sección 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUIMICO Y DE LA COMPAÑIA

NOMBRE DEL PRODUCTO
DIATOMITA, CALCINADA

CAS RN
68855-54-9

PROVEEDOR
ChemWatch Pty Ltd
+61 3 9573 3112 or Toll Free +800 2436 2255
Email chemwatch@chemwatch.net

RANGOS DE RIESGO
Inflamabilidad: 0
Toxicidad: 2
Contacto Corporal: 0
Reactividad: 0
Crónico: 2
ESCALA: Min/Nulo=0 Bajo=1 Moderado=2 Alto=3 Extremo=4

SINÓNIMOS
celatom diatomite
tripolite calcined diatomite
flux calcined diatomaceous earth Celite 110, 218, 224, 226, 233,235, 238, 263, 241, 281, 319, 388, 27,499, 501, 503, 503RV, 513, 522, 535, Filter aid for cooking oil 545, 552, 560, 566, 578P, 580, SC
Hyflo DC Hyflo RV
Hyflo Super Cel Hyflo Supergel
Super Fine Super Floss Super Floss
White Mist X-4, X-5 X-6, X-7 Sigma D5384 Filchem Celite Filter Powders

Sección 2 - INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES / COMPOSICION

NAME CAS RN INT HAZ %

diatomaceous earth, flux-calcined 68855-54-9 Xn
EC NO: 272-489-0 R CODES: R48/20
Comprising silica amorphous 7631-86-9 None Not
spe

EC NO: 231-545-4

crystalline silica, up to 75% of product, as cristobalite 14464-46-1 Xn 10-70

EC NO: 238-455-4 R CODES: R48/20

silica crystalline - quartz 14808-60-7 Xn 1-5

EC NO: 238-878-4 R CODES: R48/20

tridymite 15468-32-3 Xn Not spe

EC NO: 239-487-1 R CODES: R48/20

Sección 3 - IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

DECLARACIÓN DE NATURALEZA PELIGROSA

CONSIDERADA UNA SUSTANCIA PELIGROSA DE ACUERDO A LA DIRECTIVE 67/548/EEC, POINT 4; Y RIESGOSA DE ACUERDO A OSHA 29 CFR 1910.1200 (USA).

EFFECTOS POTENCIALES A LA SALUD

EFFECTOS AGUDOS A LA SALUD

INGERIDO

Aunque no se piensa que la ingestión produzca efectos dañinos (como lo clasifican las Directivas EC), el material puede aún ser dañino para la salud del individuo después de la ingestión, especialmente donde el daño preexistente de órganos (por ejemplo hígado, riñón) es evidente. Las actuales definiciones de sustancias dañinas o tóxicas se basan generalmente en dosis que producen mortalidad en vez de aquellas que producen morbilidad (enfermedad, malestar).

El malestar en el tracto gastrointestinal puede producir náusea y vómito. En los lugares de trabajo sin embargo, la ingestión de cantidades insignificantes no se piensa que sea motivo de cuidado.

OJO

Existe alguna evidencia para sugerir que este material puede causar irritación y daño en el ojo en algunas personas.

PIEL

No se cree que el material produzca efectos adversos a la salud o irritación a la piel luego del contacto (según clasificado por EC Directives usando modelos animales). No obstante, buenas prácticas de higiene requieren que la exposición sea mantenida a un mínimo y que guantes adecuados sean usados en escenarios ocupacionales.

INHALACIÓN

Nocivo por inhalación.

Inhalación puede producir daño a la salud*.

No se cree que el material produzca irritación respiratoria (según lo clasificado por las EC Directives usando modelos animales). Sin embargo la inhalación del material, especialmente por períodos prolongados, puede producir malestar respiratorio y ocasionalmente, distress.

EFFECTOS CRONICÓS A LA SALUD

Efectos acumulativos pueden resultar luego de la exposición*.

Este material puede causar serios daños si uno se expone por largos períodos de tiempo. Se puede asumir que el material contiene una sustancia la cual puede producir defectos severos. Esto ha sido demostrado mediante experimentación a corto y largo plazo.

La inhalación de polvos conteniendo sílicas cristalinas puede llevar a silicosis. Los efectos son acumulativos, con cicatrización, deterioro de la respiración, enfisema, y restricción y obstrucción de la función pulmonar. Los síntomas crónicos incluyen disminución de la capacidad pulmonar e infecciones en el pecho. La cicatrización generalmente no aparece hasta después de muchos meses de exposición, y el fumar incrementa el riesgo. La silicosis puede progresar aún cuando la exposición es removida. Se ha afirmado que la silicosis puede incrementar el riesgo de desarrollo de cáncer de pulmón y bronquios. Algunas jurisdicciones requieren que la vigilancia de salud sea llevada a cabo en trabajadores ocupacionalmente expuestos a sílica cristalina.

Sección 4 - MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

PIEL

Lavar con agua y jabón.

INGERIDO

Si ocurre envenenamiento, contactar al doctor o al Centro de Información de Envenenamiento. En Australia llamar al 13 1126; New Zealand 03 4747000
NO inducir el vómito.

Si ocurre el vómito, reclinar al paciente hacia delante o colocar sobre lado izquierdo (posición cabeza abajo, si es posible) para mantener las vías aéreas abiertas y evitar la aspiración.

Observar al paciente cuidadosamente.

Nunca suministrar líquido a una persona que muestre signos de adormecimiento o con disminución de la conciencia.

Suministrar agua para enjuagar la boca, luego suministrar líquido lentamente solicitar consejo médico.

OJO

Si este producto entra en contacto con los ojos:

Inmediatamente mantener los ojos abiertos y lavar con agua fresca en chorro.

Asegurar la irrigación de agua bajo los párpados, levantándolos ocasionalmente.

Si el dolor persiste o es recurrente, buscar atención médica.

La remoción de los lentes de contacto después de sufrir una herida o lesión en el ojo debe hacerla personal competente únicamente.

INHALACIÓN

Si se inhala polvo, llevar al aire fresco.

Alentar al paciente a soplar por la nariz para garantizar el despeje de las vías respiratorias.

Pedirle al paciente que se enjuague la boca con agua pero que no tome agua.

Buscar atención médica inmediatamente.

NOTAS AL MÉDICO

Tratar sintomáticamente.

Sección 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

MEDIO EXTINTORES

No hay restricción en el tipo de extintor que puede ser usado.

FUEGO PELIGRO DE EXPLOSIÓN

No es combustible.

No se considera como riesgo de fuego importante, sin embargo los contenedores se pueden quemar.

Sección 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

DERRAMES MENORES

Limpiar el derrame inmediatamente.

Evitar el contacto con piel y ojos.

Usar guantes impermeables y anteojos de seguridad.

Usar procedimientos de limpieza en seco y evitar generar polvo.

Aspirar o barrer.

Ubicar el material derramado en contenedor limpio, seco, sellable y rotulado

DERRAMES MAYORES

Evacuar al personal del área y llevarlo en contra del viento.

Alertar a la Brigada de Bomberos e indicarles el lugar y naturaleza del peligro.

Controlar el contacto personal utilizando equipo de protección personal y respirador de polvos.

Evitar que el derrame entre a drenajes, alcantarillas o cursos de agua.

Evitar la generación de polvo.

Barrer, palear. Recuperar el producto cuando sea posible.

Colocar los residuos dentro de bolsas plásticas selladas u otros contenedores para disposición.

Si ocurre contaminación a drenajes o cursos de agua, advertir a los servicios de emergencia.

Sección 7 - MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

PROCEDIMIENTO PARA MANIPULEO CONTENEDOR APROPIADO

Verificar que los contenedores están claramente rotulados.

REQUERIMIENTOS DE ALMACENADO

Almacenar en contenedores originales.

Mantener contenedores seguramente sellados

Almacenar en un área fresca, seca y bien ventilada.

Almacenar lejos de materiales incompatibles y contenedores de comestibles.

Proteger los contenedores de daños físicos y revisar regularmente por fugas.

Observar las recomendaciones de almacenado y manipuleo del fabricante.

Sección 8 - CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN

INDIVIDUAL

CONTROLES DE EXPOSICIÓN

Ninguno asignado. Referirse a constituyentes individuales.

PROTECCIÓN PERSONAL

Anteojos, Gafas de protección química, Guantes, Respirador.

OJO

Gafas de seguridad con protectores laterales; o según requerimientos, Gafas químicas.

Los lentes de contacto presentan un riesgo especial; lentes blandas pueden absorber sustancias irritantes y todos los lentes las concentran.

CONTROLES DE INGENIERÍA

Usar en área bien ventilada

Donde se manejen sólidos como polvos o cristales, se requiere ventilación local; aún cuando las partículas sean relativamente grandes, una proporción determinada será pulverizada por fricción mutua.

La ventilación debe ser diseñada para evitar la acumulación y recirculación de partículas en el lugar de trabajo.

Si a pesar de la ventilación local, tiene lugar una concentración perjudicial de la sustancia en el aire, se debe considerar el uso de protección respiratoria. Dicha protección debe consistir en:

(a) respiradores de partículas de polvo combinados con un cartucho de absorción si es necesario;

(b) respiradores con filtro con cartucho de absorción del tipo apropiado;

(c) máscaras o capuchas de aire puro

Sección 9 - PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PROPIEDADES FÍSICAS

Sólido.

No se mezcla con agua.

Se hunde en agua.

Peso Molecular: No disponible.

Rango de Ebullición (°C): 2232

Rango de Fusión (°C): 1710 approx.

Gravedad Específica (agua=1): 2.35

Solubilidad en agua: Inmiscible

pH (suministrado): No aplicable

pH (solución al 1%): No aplicable.

Presión de Vapor (kPa): No aplicable.

Componente Volátil (%vol): No aplicable.

Velocidad de Evaporación: No aplicable

Densidad de Vapor Relativa (aire=1): No aplicable.

Punto de Encendido (°C): No aplicable

Límite Inferior de Explosivo (%): No aplicable

Límite de Explosión Superior (%): No aplicable

Temp Autoignición (°C): No aplicable.

Temp Descomposición (°C): No disponible.

Estado: sólido Dividido

Sección 10 - INFORMACION SOBRE ESTABILIDAD Y

REACTIVIDAD QUÍMICA

CONDICIONES QUE CONTRIBUYEN A LA INESTABILIDAD

Presencia de materiales incompatibles.

El producto es considerado estable.

No ocurrirá polimerización peligrosa.

Sección 11 - INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Diatomita, calcinada

Not available. Refer to individual constituents.

a menos que se especifique lo contrario datos extraídos de RTECS -

Register of

Toxic Effects of Chemical Substances (Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas)

DIATOMACEOUS EARTH, FLUX-CALCINED:

Not available. Refer to individual constituents.

SILICA AMORPHOUS:

TOXICITY IRRITATION

Oral (rat) LD50: 3160 mg/kg Skin (rabbit): non-irritating

*

Dermal (rabbit) LD50: >5000 mg/kg * Eye (rabbit): non-irritating

*

Inhalation (rat) LC50: >0.139 mg/l/14h * *

[Grace]

Reports indicate high/prolonged exposures to amorphous silicas induced lung

fibrosis in experimental animals; in some experiments these effects were

reversible. [PATTYS]

The substance is classified by IARC as Group 3:

NOT classifiable as to its carcinogenicity to humans.

Evidence of carcinogenicity may be inadequate or limited in animal testing.

CRISTOBALITE:

TOXICITY IRRITATION

Inhalation (human) TCLo: Nil reported

400 particles/cc/4y-l

Inhalation (human) TCLo:

16 mppcf*/8h/17.9y-l

* millions of particles per cubic foot

WARNING: For inhalation exposure ONLY: This substance has been classified by the

IARC as Group 1 CARCINOGENIC TO HUMANS

SILICA CRYSTALLINE - QUARTZ:

TOXICITY IRRITATION

Inhalation (human) LCLo: 0.3 mg/m³/10Y Nil reported

Inhalation (human) TCLo: 16 mppcf*/8H/17.9Y

- Intermittent; focal fibrosis, (pneumoconiosis), cough, dyspnoea

Inhalation (rat) TCLo: 50 mg/m³/6H/71W

- Intermittent; liver - tumours.

* Millions of particles per cubic foot (based on impinger samples counted

by light field techniques).

WARNING: For inhalation exposure ONLY: This substance has been classified by the

IARC as Group 1 CARCINOGENIC TO HUMANS

NOTE : the physical nature of quartz in the product determines whether it is likely to present a chronic health problem. To be a hazard

the material must enter the breathing zone as respirable particles.

TRIDYMITE:

TOXICITY IRRITATION

Inhalation (human) TCLo: Nil available

16 mppcf/8h/17.9y - l

Human cell mutagen

WARNING: For inhalation exposure ONLY: This substance has been classified by the IARC as Group 2A Probably Carcinogenic to Humans.

Sección 12 - INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Sección 13 - CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Reciclar donde sea posible o consultar al fabricante por opciones de reciclaje.

Consultar a la Autoridad Estatal de Manejo de Desechos para disposición.

Enterrar el residuo en un relleno sanitario autorizado.

Reciclar los contenedores donde sea posible, o disponerlos en un relleno sanitario autorizado.

Sección 14 - INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Nombre de Embarque: NONE

Clase de Riesgo: None

Número UN/NA: None

ADR Number:

Grupo de Empaque: None

Etiquetas Requeridas:

Información Adicional de Embarque:

Regulaciones Internacionales de Transporte:

IMO: None

Sección 15 - INFORMACION REGULATORIA

RIESGO

Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

SEGURIDAD

No respirar el polvo. Evítese el contacto con la piel. Evítese el contacto con los ojos. Úsese indumentaria protectora adecuada. Úsese guantes adecuados.

Úsese únicamente en lugares bien ventilados. Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado. Usar agua y detergente para limpiar el suelo y todos los objetos contaminados por este material. Manténgase lejos de alimentos, bebidas.

Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada. En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a

un médico. En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase. Si se siente mal contacte al Doctor o Centro de Información de Envenenamiento (Mostrar etiqueta si es possible).

Sección 16 - OTRA INFORMACIÓN

RIESGO

Explicación de Códigos de Riesgo usados en la Tabla de Ingredientes

R48/20 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

Este documento tiene derechos de autor. Aparte de cualquier arreglo justo con el propósito de estudio privado, investigación, revisión o crítica, como permitido bajo el Acta de Derechos Autor, ninguna parte puede ser reproducida por ningún proceso sin el permiso escrito de CHEMWATCH. TEL (+61 3) 9572 4700.

Fecha de Edición: Jue 30-May-2002

Fecha de Impresión: Jue 15-Abr-2004



Ficha de Datos de Seguridad
Según Directiva 2001/58/CE

131652 Sodio Cianuro PA-ACS

1. Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa

1.1 Identificación de la sustancia o del preparado

Denominación:
Sodio Cianuro

1.2 Uso de la sustancia o preparado:

Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

1.3 Identificación de la sociedad o empresa:

PANREAC QUIMICA, S.A. E 08110 Montcada i Reixac
(Barcelona) España Tel.:(+34) 935 642 408

Urgencias:

Número único de teléfono para llamadas de urgencia: 112 (UE)
Tel.:(+34) 935 642 408

2. Composición/Información de los componentes

Denominación: Sodio Cianuro
Fórmula: NaCN M.=49,01 CAS [143-33-9]
Número CE (EINECS): 205-599-4
Número de índice CE: 006-007-00-5

3. Identificación de los peligros

Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

4. Primeros auxilios

4.1 Indicaciones generales:

El socorrista debe autoprotegerse. Pedir inmediatamente atención médica. (Intoxicación con cianhídrico). En caso de parálisis respiratoria, proceder inmediatamente a la respiración artificial. En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.

4.2 Inhalación:

Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder inmediatamente a la respiración artificial. Pedir inmediatamente atención médica.

4.3 Contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas. Pedir inmediatamente atención médica.

4.4 Ojos:

Lavar con agua abundante (mínimo durante 15 minutos), manteniendo los párpados abiertos. Pedir inmediatamente atención médica.

4.5 Ingestión:

Beber agua abundante. Provocar el vómito. Administrar solución de carbón activo de uso médico. Pedir inmediatamente atención médica. Indicaciones para el médico: Prevenir antídotos (sodio tiosulfato, dimetilaminofenol, CO₂-EDTA).

5. Medidas de lucha contra incendio**5.1 Medios de extinción adecuados:**

Dióxido de carbono (CO₂). Polvo seco.

5.2 Medios de extinción que NO deben utilizarse:

Agua.

5.3 Riesgos especiales:

Incombustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de HCN. Mantener seco el lugar de trabajo. La sustancia no debe entrar en contacto con agua.

5.4 Equipos de protección:

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**6.1 Precauciones individuales:**

Evacuar a toda persona no indispensable. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No inhalar el polvo. Proteger las vías respiratorias.

6.2 Precauciones para la protección del medio ambiente:

No permitir el paso al sistema de desagües. Evitar la contaminación del suelo, aguas y desagües.

6.3 Métodos de recogida/limpieza:

Realizar la operación con las máximas precauciones. Recoger en seco y depositar en contenedores de residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante.

7. Manipulación y almacenamiento**7.1 Manipulación:**

Sin indicaciones particulares.

7.2 Almacenamiento:

Recipientes bien cerrados. Ambiente seco. En local bien ventilado. Temperatura ambiente. Acceso restringido, sólo autorizado a técnicos. No almacenar en recipientes metálicos.

8. Controles de exposición/protección personal**8.1 Medidas técnicas de protección:**

8.2 Control límite de exposición:

VLA-ED (CN): 5 mg/m³, resorción dermal

8.3 Protección respiratoria:

Usar equipo respiratorio adecuado. Filtro B. Filtro P₃.

8.4 Protección de las manos:

- Usar guantes apropiados (látex, neopreno, nitrilo, PVC).
- 8.5 Protección de los ojos:**
Usar gafas apropiadas.
- 8.6 Medidas de higiene particulares:**
Quitarse las ropas contaminadas. Usar equipo de protección completo. Lavarse manos y cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo. Evitar la formación de polvo.
- 8.7 Controles de la exposición del medio ambiente:**
Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.
El proveedor de los medios de protección debe especificar el tipo de protección que debe usarse para la manipulación del producto, indicando el tipo de material y, cuando proceda, el tiempo de penetración de dicho material, en relación con la cantidad y la duración de la exposición.

9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto:
Polvo blanco.
Olor:
Débil a almendras amargas.
~11,7
Punto de ebullición :1496°C
Punto de fusión : 563°C
Presión de vapor: 1 hPa (20°C)
Densidad (20/4): 1,55
Solubilidad: 600 g/l en agua a 20°C

10. Estabilidad y reactividad

- 10.1 Condiciones que deben evitarse:**

- 10.2 Materias que deben evitarse:**
Agentes oxidantes fuertes. Agua. Sales alcalinas. Acidos. Cloratos. Nitritos. Nitratos. CO₂.
- 10.3 Productos de descomposición peligrosos:**
Cianuro de hidrógeno.
- 10.4 Información complementaria:**
Higroscópico. Sensible a la humedad.

11. Información toxicológica

- 11.1 Toxicidad aguda:**
DL₅₀ oral rata: 6,44 mg/kg
DLLo oral hombre: 2,857 mg/kg
DL₅₀ intraperitoneal ratón: 5,881 mg/kg
DL₅₀ intraperitoneal rata: 4,3 mg/kg.
- 11.2 Efectos peligrosos para la salud:**
Por inhalación de vapores: Irritaciones en mucosas, dificultades respiratorias.

Riesgo de absorción cutánea.
 En contacto con la piel: Riesgo de absorción cutánea.
 Por ingestión: náuseas, vómitos.
 Por absorción: efecto letal, parálisis respiratoria, paro cardiovascular.
 Efectos sistémicos: Para compuestos de cianuro y nitrilos en general:
 Bloqueo de la respiración a nivel celular, trastornos cardiovasculares,
 dificultades respiratorias, pérdida del conocimiento.

12. Información Ecológica

12.1 Movilidad :

12.2 Ecotoxicidad :

12.2.1 - Test EC₅₀ (mg/l) :

Bacterias (*Photobacterium phosphoreum*) = 2,8 mg/l ; Clasificación :
 Extremadamente tóxico.

Protozoos (*E. sulcatum*) = EC₀ 1,8 mg/l ; Clasificación : Extremadamente
 tóxico.

Crustáceos (*Daphnia Magna*) = EC₀ 3,4 mg/l ; Clasificación :
 Extremadamente tóxico.

Peces (*Leuciscus Idus*) = 0,07 mg/l ; Clasificación : Extremadamente tóxico.

12.2.2 - Medio receptor :

Riesgo para el medio acuático = Alto

Riesgo para el medio terrestre = Medio

12.2.3 - Observaciones :

Ecotoxicidad aguda y crónica en la zona de vertido.

12.3 Degradabilidad :

12.3.1 - Test :-----

12.3.2 - Clasificación sobre degradación biótica :

DBO₅/DQO Biodegradabilidad = -----

12.3.3 - Degradación abiótica según pH : -----

12.3.4 - Observaciones :

12.4 Acumulación :

12.4.1 - Test :

12.4.2 - Bioacumulación :

Riesgo = -----

12.4.3 - Observaciones :

Datos no disponibles.

12.5 Otros posibles efectos sobre el medio natural :

Peligroso para el agua potable. No permitir su incorporación al suelo ni a
 acuíferos. El compuesto produce mezclas tóxicas con el agua, aunque se
 encuentre diluido.

13. Consideraciones sobre la eliminación

13.1 Sustancia o preparado:

En la Unión Europea no están establecidas pautas homogéneas para la
 eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos
 especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos

internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

2001/573/CE: Decisión del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos.

Directiva 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos.

En España: Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Publicada en BOE 22/04/98.

ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Publicada en BOE 19/02/02.

13.2 Envases contaminados:

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases.

En España: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicada en BOE 25/04/97.

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicado en BOE 01/05/98.

14. Información relativa al transporte

Terrestre (ADR 2001):

Denominación técnica: Sodio Cianuro

ONU 1689 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: I

Marítimo (IMDG):

Denominación técnica: Sodio Cianuro

ONU 1689 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: I

Aéreo (ICAO-IATA):



Denominación técnica: Cianuro sódico

ONU 1689 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: I

Instrucciones de embalaje: CAO 607 PAX 606

15. Información reglamentaria

15.1 Etiquetado según Directiva de la CE

Símbolos:  

Indicaciones de peligro: Muy tóxico Peligroso para medio ambiente

Frases R: 26/27/28-32-50/53 Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S: 7-28a-29-45-60-61 Manténgase el recipiente bien cerrado. En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua. No tirar los residuos por el desagüe. En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta). Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Número de índice CE: 006-007-00-5

15.2 Disposiciones particulares en el ámbito comunitario:

Reglamento (CE) nº 1334/2000 del Consejo, de 22 de junio de 2000, por el que se establece un régimen comunitario de control de las exportaciones de productos y tecnología de doble uso. Modificado por Reglamento 2432/2001.

16. Otras informaciones

Número y fecha de la revisión: 3 18.12.02

Respecto a la revisión anterior, se han producido cambios en los apartados: 15.

Los datos consignados en la presente Ficha de Datos de Seguridad, están basados en nuestros actuales conocimientos, teniendo como único objeto informar sobre aspectos de seguridad y no garantizándose las propiedades y características en ella indicadas.

ANEXO 2

CERTIFICADOS DE CALIDAD:

POLVO DE ZINC

DIATOMITA



ISO9001:2008 SRI Certificate Number 008614 and Registration Number 2496-00

Certificate of Analysis

Customer - Minera Yanacocha SA.
Product Description -USZ #1 Zinc Dust

Date January 28, 2010
Lot No. - 001071

Chemical Analysis

<u>Elements</u>	<u>% by Wt.</u>	<u>Specifications %</u>
Total Zinc	99.35	98.5 Min
Metallic Zinc	97.14	94.0 Min
Lead	0.089	0.20 Max
Iron	0.003	0.03 Max
Cadmium	0.004	0.06 Max
Particle Size (microns)	6.3	5.0-8.0 Min/Max
Size Analysis	+100 - 0.00 %	Trace
	+200 - 0.01 %	0.10 Max
	+325 - 2.07 %	4.00 Max

U.S.Zinc certifies the results shown to be an accurate composite analysis of the product supplied in your Purchase Order No. O56469. And is consistent with the records of analysis on file.

Clayton Culak
US Zinc Laboratory Technician

U.S Zinc Products: Zinc Dust Zinc Oxide Zinc Metal Zinc fines

6020 Esperson - Houston , TX 77011 - Tel. (713) 926-1705 Fax. (713) 924-4824
<http://www.uszinc.com>



Celite Chile Ltda.
Chacalluta Km 10 s/n
Planta Arica - Chile

CERTIFICADO DE CALIDAD

N° CC: 17256

Producto: **HYFLO** Duración: **INDEFINIDA** Fecha : **04/02/2010**

Cliente: **YANACocha-PERÚ.** Lote : **101901-101801-102001** Factura Ex: **5281**
Orden Corr: **60-2009**
N° de Cont: **HLXU-652158-5**

Certificamos que el producto indicado fue fabricado de acuerdo con las especificaciones establecidas por el Sistema de **WORLD MINERALS INC. Celite Chile Ltda.**, basadas en la norma internacional **FOOD CHEMICAL CODEX (FCC)**.
Los resultados de los análisis del Laboratorio de Aseg. de Calidad referidas a las características del producto final son indicadas a continuación :

CARACTERÍSTICAS ANALIZADAS

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALOR ENCONTRADO
			Min	Max	
Permeabilidad	MA - 025	Darcy	1	2	1.52
Densidad Húmeda	MA - 005	gr/cc		0.345	0.339
Retención en Malla 150 Ty	MA - 007	%	2.0	9.5	6,7
Impurezas	MA - 008B	-		7	6.0

CARACTERÍSTICAS DE REFERENCIA

Arsénico	MA - 020	ppm			< 10
Plomo	MA - 020	ppm			< 10
pH	MA - 009	-			8,5 - 10,0
Humedad	MA - 011	%			0,1 - 1,0
Composición Química Básica	SiO ₂	ESPECTROSCOPIA RAYOS X	%		85 - 93
	Al ₂ O ₃				1,0 - 4,0
	Fe ₂ O ₃				0,5 - 3,0
	CaO				0,5 - 4,0
	MgO				0,1 - 1,5
	Na ₂ O + K ₂ O				1,0 - 4,0

OBSERVACIONES

validade do producto : Indeterminada - Producto nao perecível
PRODUCTO NO PERECIBLE - SIN FECHA DE VENCIMIENTO

LAB. ASEG. DE CALIDAD

GERENTE DPTO. ASEG. CALIDAD

ANEXO 3

HOJA DE DATOS DEL SISTEMA DE FILTRACION:

FILTROS CLARIFICADORES – 2326N

FILTROS PRENSA – 2338N-E

FILTRATION MEDIA STYLE 2326N

FIBRE	Polypropylene Monofilament
WEAVE	7 x 1 Satin
WEIGHT	285 g/m ² (Nominal)
PERMEABILITY	18-22 CFM/ft ² @ ½" WG (Nominal) 0.091 - 0.112 m ³ /m ² /second @ 125 Pa
FINISH	Calendered
CHEMICAL RESISTANCE	
Acids	Excellent
Alkalis	Excellent

PRODUCT DATA SHEET

LIQUID FILTRATION

2338N-E

Material	Polypropylene Monofilament
Finish	<i>Heatset & Calendered</i>
Wheight	<i>325 g/m² (Nominal)</i>
Permeability	<i>1 cfm/ft² a ½" c.a. (Nominal)</i>
Temperature Rating	<i>Operational: 82°C</i>
Chemical Resistance	Acids: <i>Excellent</i> Alkalis: <i>Excellent</i>

ANEXO 4

FLOW SHEET

PLANTA PAMPA LARGA MYSR.

Flow Sheet Planta Merrill Crowe Pampa Larga – 1500 m³/h

