

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA



**“OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES
METALÚRGICOS EN COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C.”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO METALURGISTA

Nestor Jacinto Palomino Delgado

Lima – Perú

2004

OBJETIVO

La difícil situación económica de la industria minera, hace que el profesional involucrado directamente en la producción se plantee alternativas de mejora de la eficiencia de las operaciones, ya sea optimizando o ampliando la capacidad de las instalaciones existentes, mejora en el rendimiento metalúrgico del proceso y adecuado uso de insumos tendientes a reducir los costos de producción.

Compañía Minera Caravelí SAC tiene como yacimiento minerales auríferos en forma de óxido en vetas angostas que es característica propia de la zona; la participación de su gente (ex-mineros informales actualmente micro contratistas) y el uso de la tecnología hace que genere y resalte a nivel nacional, siendo ellos parte principal de la productividad en combinación con la tecnología minera.

Consecuencia del incremento de la productividad la planta de beneficio se vio obligado ampliar y optimizar en mejoras de su recuperación del oro que fue consecuencia de las investigaciones aplicadas. Por la aparición de minerales sulfurados se desarrollan pruebas metalúrgicas para definir su esquema de tratamiento ambas son motivo de la tesis.

El uso de formulaciones matemáticas (Multiplicadores de Lagrange) es de suma importancia en los diferentes circuitos de operaciones tales como molienda el cual enfocaremos en el presente trabajo debido a que toda pequeña y mediana minería adolecemos de controles automatizados, siendo esta información de gran importancia para el control de parámetros metalúrgicos de la operación.

RESUMEN

En el Capítulo I, se describe la ubicación, su acceso hacia la mina, minería artesanal manejo de mercurio y cianuro, los aspectos ambientales, los riesgos ambientales, la metodología de la evaluación de los impactos ambientales, su interpretación de resultados, las matrices de evaluación de impactos ambientales, lineamientos para reducir los impactos ambientales, objetivos generales, programación anual programa de evaluación de gestión ambiental, comité de medio ambiente, protección de los recursos naturales, supervisión, concurso de medio ambiente, programa de reuniones, capacitación, rescate y una descripción sobre el estudio de la presa de relaves tales como:

Métodos de disposición, tipos de presa, manejo y control de avenidas, requerimientos para una disposición segura y finalmente análisis de estabilidad física de relaves .

En el Capítulo II, se describe algunas pautas para el plan de cierre y su plan de contingencias donde se trata sobre su misión, políticas, objetivo, organización del sistema de respuesta a la contingencia, definición de las áreas críticas, entrenamientos y simulacros, identificación de áreas críticas, operación y procedimiento de respuesta; evaluación de la contingencia y procedimiento para actualización y revisión del plan, remediación y sus posibles efectos sobre el cierre y remediación.

En el capítulo III, describe la elaboración de estándares y procedimientos de trabajo correcto, conceptualizamos el riesgo operacional y su administración, modelo operativo para el análisis de tareas críticas, inventario de criticidad, relación de tareas y procedimientos.

En el Capítulo IV, se tiene el fundamento teórico sobre la metalurgia del oro haciendo un enfoque general como: teoría de la trituración y su modelamiento matemático, clasificación, simulación matemático de los circuitos en funcionamiento (cálculo de balance de materia y reajuste de datos por el método de multiplicadores de Lagrange), fundamento teórico de la cianuración del oro, física química de la cianuración del oro, cinética de reacción, variables que influyen en el proceso de cianuración, y adsorción con carbón activado, el carbón activado, etapas del proceso del carbón activado, mecanismos de la etapas de carga del

carbón activado, influencia de la química de la cianuración sobre la adsorción, equilibrio, cinética y factores físico-químico que afectan la eficiencia de adsorción.

En el capítulo V, se describe sobre la optimización de los procesos y operaciones metalúrgicas, descripción actual sobre las operaciones y procesos de la planta de tratamiento, optimización en la trituración (primaria y secundaria), formulación matemática en un balance de circuito molienda y clasificación (preparación de la hoja del cálculo y aplicaciones industriales en sus respectivos diagramas de flujo), molienda óptima de cianuración, cinética de disolución del mineral de tratamiento, análisis valorado del mineral de tratamiento, balance metalúrgico, las pruebas metalúrgicas con minerales sulfurados (cianuración directa, flotación, gravimetría, blending óxido-sulfuro), adsorción con carbón activado y finalmente el balance del cianuro y agua.

En el capítulo VI, describimos las conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo VII algunas referencias bibliográficas.

En el capítulo VIII describiremos los anexos:

- Anexo I, Describiremos algunos aspectos generales y geológicos.

- Anexo II, Aplicaciones Industriales de formulaciones matemáticas y circuitos de molienda.

- Anexo III, Pruebas metalúrgicas Minerales sulfurados veta Esperanza 1730 y 1760.

- Anexo IV, Planos.

- Anexo V, Fotos.

**“OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES METALURGICOS EN
COMPAÑÍA MINERA CARAVELI SAC.”**

INDICE

AGRADECIMIENTO

OBJETIVO

RESUMEN

CAPITULO I MEDIO AMBIENTE

	Pag.
1.1 Ubicacion geográfica y vías de acceso	1
1.2 Minería Artesanal	4
1.2.1 Mercurio	5
1.2.1.1 Ciclo geoquímico del Mercurio	5
1.2.2 Cianuro	8
1.2.2.1 La química del cianuro	10
1.2.2.2 Reglamentación del uso del cianuro	11
1.2.2.3 Efectos del Cianuro como sustancia toxica	11
1.3 Taller sobre indicadores ambientales en la extracción del oro en el Perú (proyecto integral PUCP-Wuppelal institute-EMPA).	12
1.4 Aspectos ambientales	14
1.5 Análisis de riesgos ambientales	22
1.6 Metodología de la evaluación de los impactos ambientales	22
1.7 Interpretación de resultados	23
1.8 Lineamientos para reducir los impactos ambientales	26
1.9 Objetivos generales	27
1.10 Programa anual	28
1.10.1 Programa de instrucciones	28
1.10.2 Programa de inspección y monitoreo	28
1.11 El valor del medio ambiente y análisis de costo- beneficio	29
1.12 Programa de evaluación de gestión ambiental	30
1.13 Comité de medio ambiente y protección de los recursos naturales	30
1.14 Supervisión	30

1.15 Concurso de medio y programa de reuniones, capacitación y rescate	31
1.16 Presa de relaves	32
1.16.1 Introducción	32
1.16.2 Fallas en presas de relaves	32
1.16.3 Métodos de disposición	32
1.16.4 Tipos de presa de relaves	33
1.16.5 Manejo de flujos de agua normales o promedio	37
1.16.6 Manejo de avenidas	38
1.16.7 Métodos de control de avenidas	39
1.16.8 Requerimientos para una disposición segura de relaves.	39
1.16.9 Análisis física del deposito de relaves	40
1.16.10 Taludes de los terraplenes del relaves	41
1.16.11 Estabilidad química de la cancha de relaves	47

CAPITULO II PLAN DE CIERRE Y CONTINGENCIAS

2.1 Plan de cierre	55
2.2 Planes de contingencia	58
2.2.1 Introducción	58
2.2.2 Misión y política de la CIA MINERA CARAVELI SAC.	58
2.2.3 Objetivo	60
2.2.4 Organización del sistema de respuestas a la contingencia	60
2.2.5 Definición de áreas críticas	62
2.2.6 Comunicaciones y demás recursos	62
2.2.7 Entrenamientos y simulacros	63
2.2.8 Operaciones de respuesta	65
2.2.9 Identificación de las áreas críticas	66
2.2.10 Procedimiento de respuesta	67
2.2.11 Evaluación de la contingencia	67
2.2.12 Procedimiento para actualización y revisión de plan	68
2.2.13 Remediación	68
2.2.13.1 posibles efectos y puntos importantes sobre el cierre y remediación	69

**CAPITULO III ELABORACION DE ESTANDARES Y PROCEDIMIENTOS DE
TRABAJO CORRECTO**

3.1 Concepto de riesgo operacional y su administración	71
3.2 Modelo operativo para el análisis de tareas críticas	73
3.3 Inventario de criticidad	81
3.4 Relación de la tareas críticas	85
3.5 Relación de procedimientos de trabajo correcto	87

CAPITULO IV METALURGIA

4.1 Teoría de la trituración y modelos matemáticos	96
4.1.1 Alcances y limitaciones de los postulados	97
4.1.2 Modelos matemáticos de las operaciones de reducción de tamaño	97
4.1.2.1 Modelo matriz	98
4.1.2.2 Modelo cinético	99
4.2 Clasificación	100
4.2.1 Simulación matemática de los circuitos en funcionamiento	101
4.2.1.1 Cálculo de balance de materiales	101
4.2.1.2 Reajuste de datos por el método de multiplicadores de Lagrange.	103
4.3 Fundamento teórico de la cianuración del oro.	104
4.3.1 Física química de la cianuración del oro	104
4.3.2 Cinética de reacción	106
4.3.3 Variables que influyen en el proceso de cianuración	109
4.4 Adsorción con carbón activado	114
4.4.1 Etapas del proceso del carbón activado	114
4.4.2 Mecanismo de las etapas de carga del carbón activado	116
4.4.3 Influencia de la química de la cianuración sobre la adsorción	118
4.4.4 Equilibrio y cinética de la etapa de adsorción	122
4.4.5 Factores físico-químicos que afectan la eficiencia de adsorción	125

CAPITULO V	OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES METALURGICOS	
5.1 Descripción de la planta		132
5.1.1 Sección chancado		132
5.1.2 Sección molienda y clasificación		133
5.1.3 Cianuración y adsorción		133
5.2 Trituración primaria y secundaria		133
5.3 Formulaciones matemáticas en los diferentes diagramas de flujo de trabajo (ajuste por mallas por multiplicadores Lagrange).		134
5.3.1 preparación de la hoja de cálculo		138
5.3.2 Aplicaciones industriales en sus respectivas diagramas de flujo		143
5.4 Molienda óptima para la cianuración		144
5.4.1 Cinética de disolución del oro en mineral de cabeza		146
5.4.2 Análisis granulométrico valorado de mineral de cabeza		149
5.5 Balance metalúrgico		150
5.6 Pruebas metalúrgicas con mineral sulfurado		155
5.6.1 Veta ESPERANZA N 1730		155
5.6.2 Veta ESPERANZA N 1760		159
5.7 Adsorción con carbón activado		161
5.7.1 Cinética de adsorción mineral tratamiento (solución circuito)		161
5.7.2 Adsorción con carbón activado de mineral sulfurado		162
5.8 Balance del Cianuro de Sodio.		163
5.8.1 Reacciones comunes del cianuro		163
5.8.2 Degradación natural del Cianuro de Sodio		164
5.8.3 Balance de agua y Cianuro.		165
CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
CAPITULO VII	BIBLIOGRAFIA	170
CAPITULO VIII	ANEXOS	

CUADRO N# 1.1.-Acceso a la unidades mineras	3
1.2 Distancia a los poblados de la mina	3
1.3 Efectos ambientales identificables	17
1.4 Impactos generados por los AAS	18
1.5 Identificación de los procedimientos de control operacional y de los AAS correspondientes	20
1.6 Identificación de las instrucciones de trabajo requeridos y de los AAS correspondientes	21
1.7 Matriz de evaluación de impactos ambientales	25
1.8 Programa de instrucciones	28
1.9 Programa de inspecciones y monitoreo	28
1.10 Programa de evaluación de gestión ambiental	30
1.11 Programa de reuniones, capacitación y rescate	31
1.12 Comparación de las características de los tipos de Deposito de relaves	37
1.13 Variables del balance hídrico	37
1.14 Estabilidad en presas de tierra	42
1.15 Angulo de taludes de la canchas de relaves	44
1.16 Factores de seguridad de los taludes de los terraplenes de relaves	44
1.17 Análisis geoquímico de muestras de desmonte de mina	54
1.18 Evaluación de drenaje ácido de mina	54
1.19 Análisis de calidad de agua	54
3.4.1 Inventario de criticidad de Mantenimiento	85
3.4.2 Inventario de criticidad de Planta de Beneficio	86
5.3.2 Aplicaciones industriales (formulaciones matemáticas en Circuitos de molienda)	144
5.5.1 Control de parámetros metalúrgicos 2004	153
5.5.2 Parámetros metalúrgicos 2003	154

Fig. N #.	1. a1 Terraplén 1	45
	1. a2 Terraplén 1-2	46
	1. a3 Nuevo terraplén de relaves	46
	1. a4 Nuevo terraplén	47

CAPITULO I: MEDIO AMBIENTE

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y VIAS DE ACCESO

Las operaciones mineras en la U.E.A. "San Andrés" (Mina "San Juan") y en la U.E.A. "Capitana" (Mina "Chino"), están ubicadas en los parajes San Andrés y Santa Rosa respectivamente, emplazada dentro de la súper unidad Tiabaya del Batolito de la Costa, a una altitud promedio de 1400 m. s. n. m. y a 645.5 Km de la ciudad de Lima. La ubicación política y geográfica, es la siguiente:

Ubicación Política

Distrito : Huanuhuanu
Provincia : Caravelí
Departamento : Arequipa
Región : Arequipa

Ubicación geográfica

U.E.A. "San Andrés"

Mina "San Juan"
N 8 274000
E 595000

U.E.A. "Capitana"

Mina "Chino"
N 8 272 022,434
E 603167,375

La Planta de Beneficio Chacchulle Tocota se encuentra a una altitud promedio de 1030 m.sn.m.

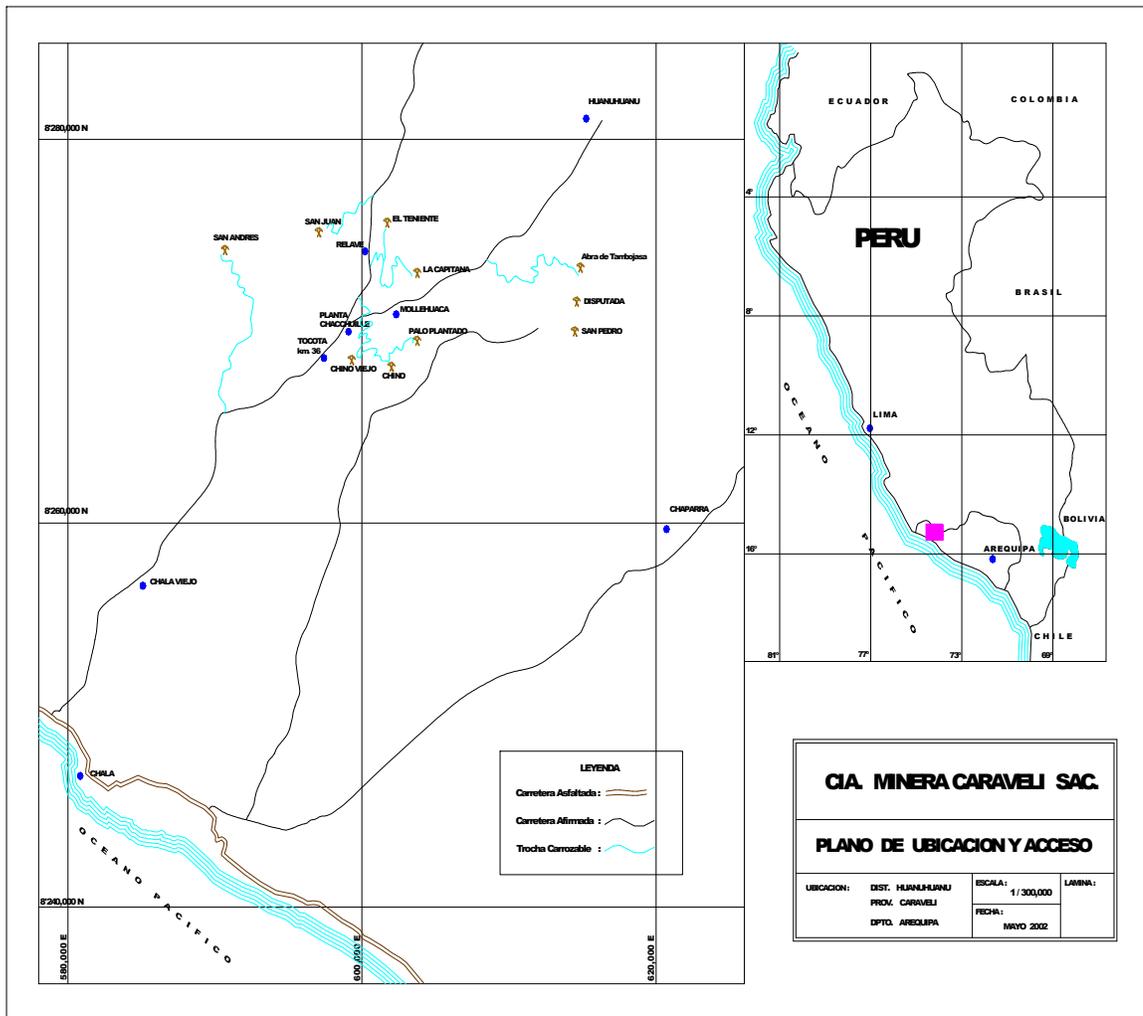
Las coordenadas de la Planta de Beneficio son:

8 266,000N 589,000E

8 279,000N 620,000E

Según la carta de INGEMMET pertenece a las hojas de Chala (32-ñ) y Chaparra (32-o).

El acceso desde la ciudad, se realiza por la Carretera Panamericana Sur hasta el Km 610.7, de este punto se sigue un desvío que consiste en una carretera afirmada que va hasta los pueblos de Chala Viejo, Tocota, Huanuhuanu, con un recorrido de 36km. (foto 1 y 2)



En el grafico 1, se observa el plano de ubicación y acceso a la Cía. Minera Caravelí S.A.C.(FUENTE departamento geología minera Caraveli SAC)

CUADRO 1.1: ACCESO A LAS UNIDADES MINERAS

De	A	Tipo de Vía	Distancia (Km)	Tiempo de Viaje (H)
Lima	Km. 610.7 Panamericana Sur	Asfaltada	610,7	8.0
Km. 610.7(P.S.)	Planta de Beneficio Chacchuille	Carretera Afirmada	36,0	1,5
Planta "Chacchuille"	Mina "San Juan"	Trocha Carrozable	16,7	0,7
Planta "Chacchuille"	Mina "Chino"	Trocha Carrozable	11,5	0,5

CUADRO 1.2: DISTANCIA A LOS POBLADOS

A	Dv. Pan. Sur	Mina Chino	Mina San Juan	Poblado De Tocota	Planta Chacchuille	Poblado Relaves	Poblado Mollehuaca	Pueblo de Huanuhuanu	Pueblo de Chala
Dv. Pan. Sur	-	45,5	31	32	34	38	40	59	2
Dv. Qda. San Andrés	45,5	--	28,2	13,5	11,5	10,5	15	34	47,5
Zona de San Andrés (Mina San Juan)	31	28,2	--	14,7	16,7	12,3	14,3	42	50,7
Poblado de Tocota	32	13,5	14,7	--	2	6	8	27	34
Planta Chacchuille	34	11,5	16,7	2	--	4	6	25	36
Poblado Relaves	38	10,5	12,3	6	4	--	7,5	26,5	40
Poblado Mollehuaca	40	15	14,3	8	6	7,5	--	19	42
Pueblo de Huanuhuanu	59	34	42	27	25	26,5	19	--	61
Pueblo de Chala	2	47,5	50,7	34	36	40	42	61	--

La trocha carrozable de 16,7 Km hacia la Mina "San Juan" esta desarrollada prácticamente sobre la quebrada Huaycco.

La Mina "Chino" dista en línea recta 6 Km. Al NW de la Mina "San Juan".

En el Anexo I, planos 1 se muestra la ubicación y el acceso a las unidades mencionadas.

1.2 MINERIA ARTESANAL

La minería artesanal en el Perú constituye aproximadamente entre el 21 y 23% del total de la producción del oro. Las labores artesanales en el departamento de Arequipa, que se desarrollan en los distritos de La Joya, El Pedregal, Chala, Tocota, Chaparra, Andaray y Yanaquihua de las provincias de Arequipa, Caraveli y Condesuyos, respectivamente, estas unidades ocupan un número considerable de personas que se dedican a la minería artesanal.

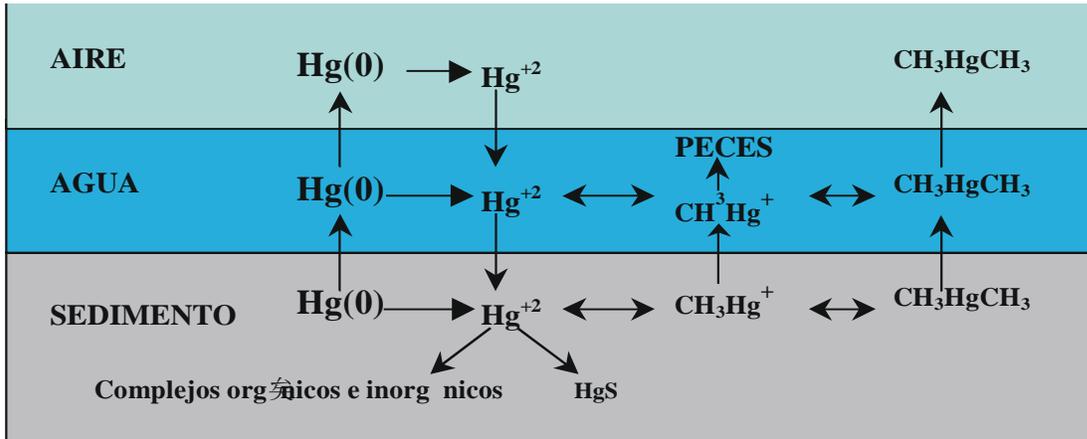
Los mineros auríferos artesanales emplean en sus actividades herramientas simples, prácticas y empíricas, que ocasionan depredación de recursos no renovables y una elevada contaminación del ambiente, especialmente por la utilización del cianuro y el mercurio de una manera inadecuada y desconociendo las normas ambientales. La contaminación por mercurio afecta tanto a los que tienen contacto directo como a los que lo tienen indirectamente. La desprotección de los niños ante la contaminación con mercurio, ha ocasionado la preocupación mundial. El rechazo del minero artesanal al uso de “retortas” sigue ocasionando problemas ambientales y de salud, por su alto costo. La falta de educación frente a peligros que ocasiona el mercurio es preocupante. Hemos notado una carencia de programas del Ministerio de Salud referente al control de estos mineros.

Fotografía A1: VISTA DE POBLACION DE MINERIA ARTESANAL.



1.2.1. - MERCURIO

Es conocido que el mercurio tiene un alto poder contaminante y que es utilizado ampliamente en la pequeña minería del oro en Latinoamérica, muchas veces sin las precauciones necesarias causando un gran efecto contaminante sobre el medio ambiente.



1.2..1.1 CICLO GEOQUIMICO DEL MERCURIO(FUENTE: RAMOS CETAL)

Por otra parte esta técnica es casi la única posible de beneficiar esos minerales ya que es la que requiere menor tecnología y menos inversión de capital, por lo que es previsible que continúe utilizándose durante mucho tiempo. Aunque se están introduciendo dispositivos artesanales que disminuyen la contaminación, tales como las retortas de destilación para la amalgama, en el propio proceso de amalgamación se siguen produciendo grandes pérdidas de mercurio.



Fotografía N°A2: Molino artesanal de granodiorita para el tratamiento del oro(Quimbaletes).

Las pérdidas de mercurio utilizando retortas en el proceso de amalgamación se concentran fundamentalmente en los residuos sólidos.

En el proceso de amalgamación, el oro es atrapado por el mercurio en el seno de una pulpa acuosa para formar una sustancia altamente viscosa y de color blanco brillante, denominada amalgama. La recuperación final del metal precioso se realiza mediante un fuerte calentamiento de la aleación por evaporación del mercurio o la utilización de ácido nítrico por disolución del mercurio.

La utilización inadecuada del mercurio en estas explotaciones conduce a la producción de altas pérdidas, tanto en forma de mercurio elemental durante el beneficio del mineral, como en forma de gas -vapor de mercurio- y compuestos inorgánicos durante la separación oro-mercurio. Otra parte importante y común para todas las pequeñas minas es el bajo nivel de recuperación del metal precioso a causa de la deficiente aplicación de la amalgamación.



Fotografía N°A3: Poza de Relaves Artesanales

Los riesgos sobre la salud humana y el medio ambiente no son tomados en cuenta por la población minera que ignora los daños que puede ocasionar un mal manejo del mercurio. La exposición a esta sustancia no se limita a los trabajadores, sino que se extiende a sus familiares, ya que en muchos casos los mineros y los comerciantes destilan la amalgama en la cocina o en el patio de sus casas.

El mercurio, una vez absorbido por el hombre pasa al torrente circulatorio y atraviesa fácilmente las membranas celulares y se acumula en el hígado, intestinos, riñones, tejido nervioso y vísceras en general. La exposición crónica al mercurio produce la enfermedad profesional conocida con el nombre de mercurialismo o hidrargirismo.

En el medio ambiente, el mercurio emitido por la minería aurífera se acumula principalmente en forma de mercurio metálico (Hg^0) y compuestos de Hg^+ y Hg^{++} como sucede con el nitrato de mercurio producido en la separación química de la amalgama, en los sedimentos de los ríos y suelos, donde por la acción bacteriana y bajo ciertas condiciones, se puede convertir en mercurio orgánico, especialmente metilmercurio. Esta forma de mercurio de gran toxicidad para el ser humano puede acumularse en los organismos acuáticos y pasar al hombre, por ejemplo, al consumir pescado contaminado.

Sin embargo, la preocupación más urgente está relacionada con la salud de los mineros y sus familiares por estar expuestos permanentemente al mercurio. En este sentido, las situaciones de mayor peligrosidad donde el mercurio puede fácilmente penetrar en las personas cuyo registro en todas las explotaciones de la región son en base a:

- La exposición a los vapores de mercurio metálico durante el procesamiento de la amalgama a fuego abierto ("quema de la amalgama").
- La manipulación del mercurio metálico y la amalgama sin ninguna protección durante las diferentes etapas del proceso.

La amalgamación en un futuro próximo seguirá siendo el método preferido y aplicado en la pequeña minería aurífera y artesanal, Por todo ello, es importante mejorar las condiciones técnicas del proceso mediante la utilización de tecnologías sencillas y equipos de fácil manejo, bajo coste y de manufactura local. Igualmente, es necesario contemplar conjuntamente el incremento de la recuperación del oro y las pérdidas de mercurio, en el sentido de que su reducción no debe ir en detrimento de la producción de metal precioso. Este hecho es muy significativo para los mineros que se decidan a participar en un proyecto destinado a minimizar las emisiones de mercurio ya que si no encuentran nada más que una disminución de sus ingresos no lo harán (para ellos los efectos de la contaminación al no ser inmediatos, carecen de importancia), lo cual demuestra con esto una carencia de cultura ambiental y desarrollo sostenible.



FOTOGRAFIA N° A4: Retorta Artesanal para la quema de la amalgama

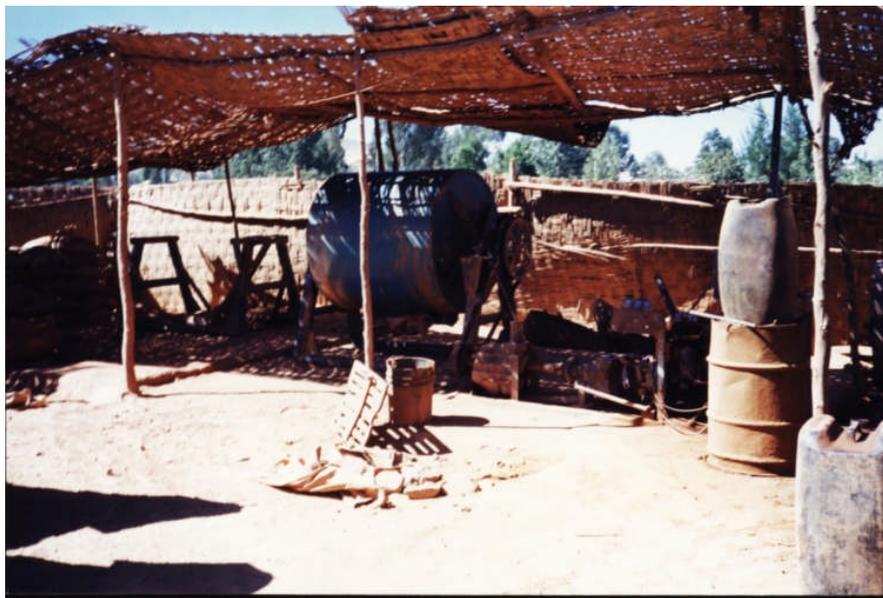
1.2.2. - CIANURO

El cianuro puede permanecer por períodos de tiempo muy largos en las aguas subterráneas porque el sol y el oxígeno necesarios para descomponerlo en sustancias menos dañosas se encuentran ausentes allí. La contaminación de las aguas subterráneas es la forma más importante de contaminación con cianuro en las minas por lixiviación con cianuro a cielo abierto porque los sistemas diseñados para prevenir estos tipos de sucesos no son impermeables y tienen grandes probabilidades de sufrir daños estructurales (pinchaduras o grietas) el cianuro puede formar compuestos que son tóxicos para la vida acuática, puede permanecer durante largos períodos de tiempo, y acumularse en los tejidos de plantas o peces.

Cuando los operadores mineros realizan exámenes para verificar la presencia de cianuro, no se les pide que examinen estos compuestos. Los mismos están aún sin reglamentarse a pesar de los impactos en el medio ambiente y en la salud pública, a esto aun no se muestra un interés por incluir en el reglamento de salud e higiene minera, parámetros para el cuidado de los contaminantes (productos secundarios del cianuro).

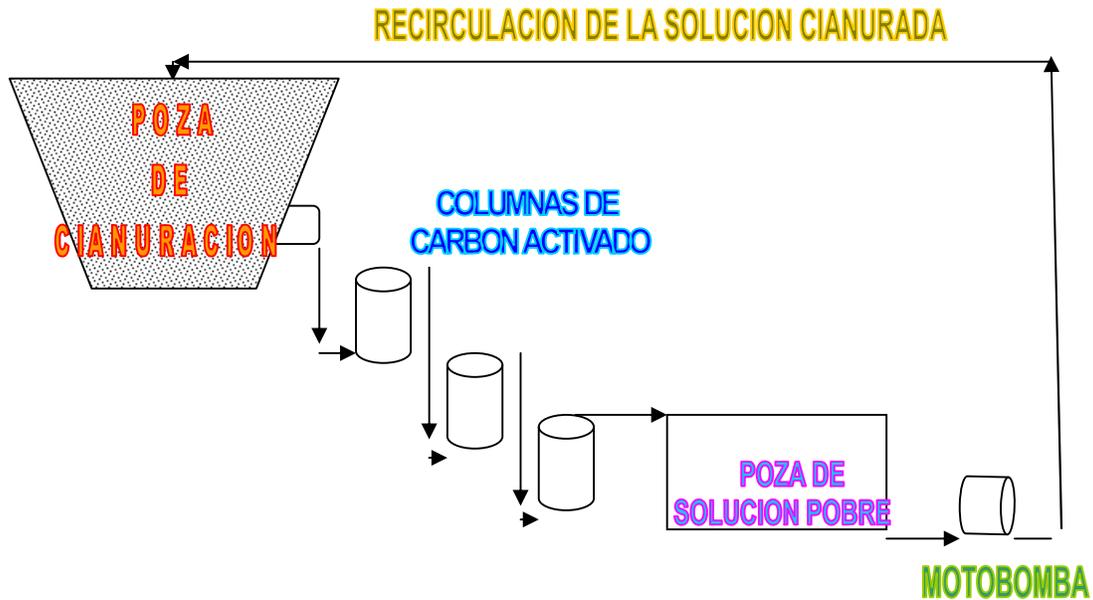


**FOTOGRAFIA #A5(CANCHA DE ALMACENAMIENTO PARA
LIXIVIACION ARTESANAL DE ORO)**



FOTOGRAFIA # A6(MOLINO ARTESANAL)

FLUJOGRAMA DE LA CIANURACION ARTESANAL



1.2.2.1 LA QUIMICA DEL CIANURO

El término cianuro se refiere a muchos compuestos químicos, ya sean naturales o de laboratorio. Estos compuestos siempre tienen un átomo de carbono y uno de nitrógeno.

El cianuro se presta a formar mezclas con la mayoría de los principales metales para formar *compuestos* o *complejos* químicos, por lo que es de gran utilidad para la extracción de metales de una mena. El cianuro también tiende a reaccionar químicamente con la mayoría de otros elementos químicos, produciendo un gran variedad de compuestos tóxicos y no tóxicos. Además, el cianuro (que contiene carbono, lo que significa que es un compuesto orgánico) reacciona fácilmente con otros compuestos orgánicos, inclusive organismos vivos.

A diferencia del mercurio y otros metales, el cianuro en su forma pura no se acumula en la cadena alimenticia. La luz del sol, los ambientes con pH neutral y los microorganismos del suelo causan la desintegración rápida del cianuro en partículas no tóxicas. Pero es probable que esta desintegración se vea disminuida cuando no hay suficientes microorganismos que contribuyan a este proceso (por ejemplo en algunos climas

desérticos), o en aguas subterráneas, o bajo capas de hielo, en donde el cianuro no está expuesto a la luz solar.

1.2.2.2 REGLAMENTACION DEL USO DEL CIANURO

El cianuro se puede encontrar en muchas formas en aguas provenientes de faenas mineras. Muchas de estas formas no han sido clasificadas en relación a criterios específicos de calidad del agua, a pesar de que pueden ser tóxicas. En muchos casos, no se requiere legalmente su monitoreo.

En lo que respecta a la minería, sólo hay tres categorías de cianuro que son monitoreadas de rutina: el cianuro libre, los tipos de cianuro que se disuelven en ácidos débiles (WAD por sus siglas en inglés), y los tipos de cianuro que se disuelven en ácidos fuertes (SAD). El cianuro de tipo SAD es a menudo llamado cianuro total.

Debido a que los requisitos legales de monitoreo en muchas jurisdicciones son limitadas, es muy probable que algunos compuestos de cianuro puedan estar presentes en el agua de una mina sin ser detectados. Por ejemplo, es sabido que las faenas mineras en donde se utiliza el proceso INCO de destrucción de cianuro usualmente generan ciertos compuestos de cianuro que no son detectados por los exámenes de laboratorio de rutina.

Los niveles máximos de cianuro en el agua potable permitidos por la ley varían de una jurisdicción a otra. La Unión Europea tiene uno de los estándares más severos, con niveles permitidos que están por debajo de las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

1.2.2.3 EFECTOS DEL CIANURO COMO SUSTANCIA TOXICA

Los seres humanos pueden absorber el cianuro directamente, ya sea a través de la piel, por inhalación, o ingestión. Una cucharadita de un líquido con una concentración de 2% de cianuro, o 50-200 mg de cianuro sólido (el tamaño de un grano de arroz) son suficientes para matar a una persona.

El cianuro de sodio, que es la forma más común en que se usa el cianuro en minería, es también extremadamente tóxico y es un veneno de acción rápida. Es absorbido directamente por la piel; es un irritante de la piel, los ojos y las vías respiratorias. Puede

causar la muerte por sofocación en humanos y animales, ya que bloquea el paso del oxígeno a través de las paredes de las células.

1.3 TALLER SOBRE INDICADORES AMBIENTALES EN LA EXTRACCION DEL ORO EN EL PERU(PROYECTO INTEGRAL PUCP-WUPPERTAL INSTITUTE-EMPA)

OBJETIVOS

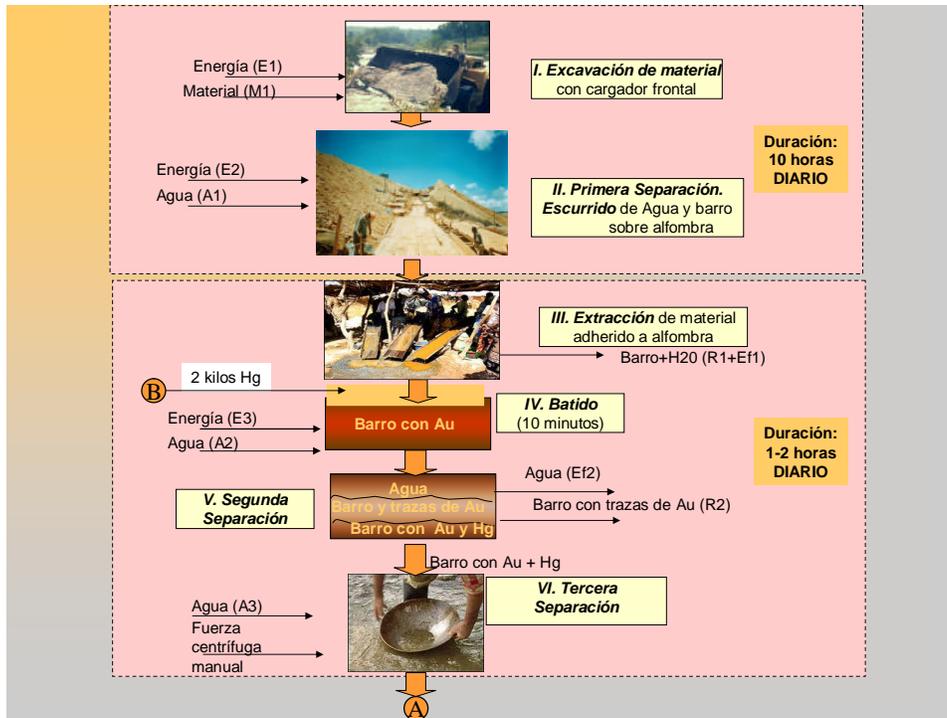
Presentar una metodología científica para la elaboración de indicadores ambientales y la evaluación de impactos ambientales a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto oro.

La relevancia del sector minero en el Perú, no existe casos de aplicación de metodologías científicas en la evaluación de aspectos e impactos ambientales para el oro en contexto, siendo uno de los sectores de mayor impacto en la economía del país(directa o indirectamente).

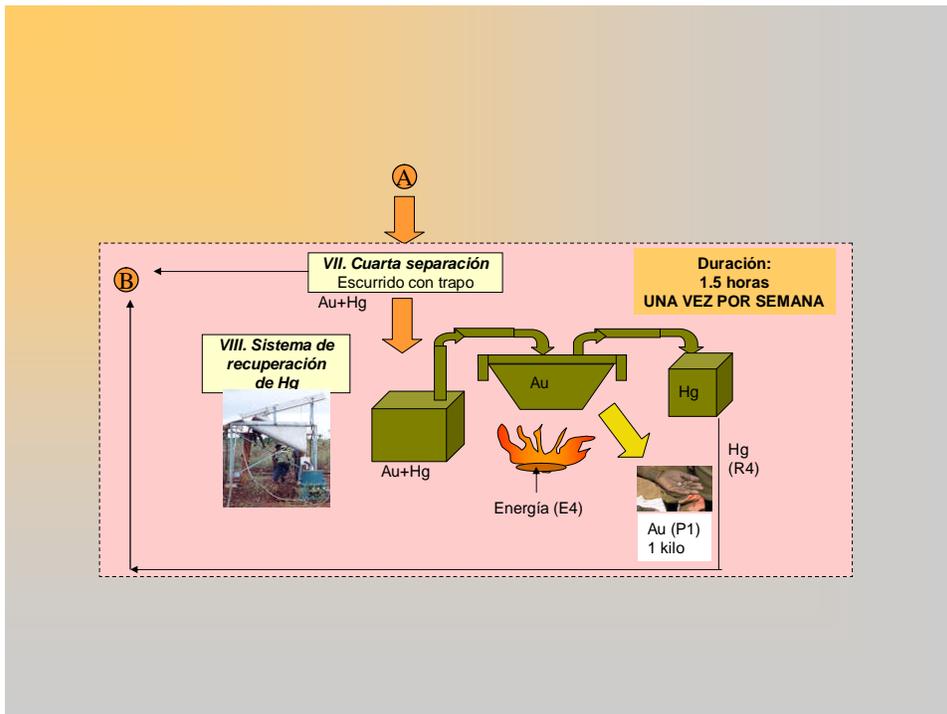
Uso extensivo de recursos naturales(agua, energía, suelos) en las etapas del ciclo de vida y información mas viable de obtener con liderando hasta la etapa del consumo. No hay residuos del producto.



Fuente EMPA-2004



Fuente EMPA-2004



Fuente EMPA-2004



Fuente EMPA-2004

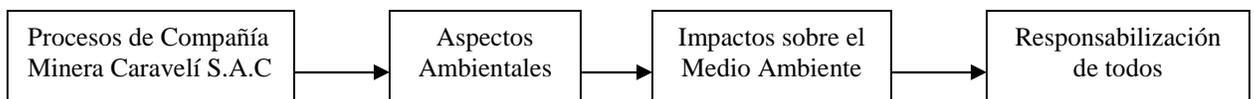
1.4 ASPECTOS AMBIENTALES

En cumplimiento del Reglamento N° 016-93-EM Referente al Medio Ambiente, se presento a la Dirección General de Asuntos Ambientales el PAMA. El mismo que fue Aprobado mediante R. D. N° 258-97-EM/DGM del 14 de junio de 1997. Debiendo la Compañía Minera CARAVELI SAC. Adecuarse ambientalmente en un periodo de 03 años, el cual culminó el año 2,000.

También se realizo el Estudio de Impacto Ambiental para la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio, aprobada el 20 de Octubre de 1,997 mediante R. D. N° 556-97-EM-DGM/DPDM a cuyos Objetivos se viene dando cumplimiento.

Los aspectos ambientales son aquellos elementos de las actividades, productos o servicios de una organización susceptibles de interactuar con el medio ambiente.

Aspectos Ambientales



Como la mayor parte de las empresas, Compañía Minera Caravelí SAC. presenta **aspectos ambientales** que debe enfrentar.

Para establecer este orden de prioridad, hay que determinar cuales son los **aspectos ambientales significativos** (un aspecto ambiental que ejerce o puede ejercer un impacto ambiental significativo).

Hay varios elementos que determinan si un aspecto ambiental es significativo o no:

- Impacto sobre medio físico (ejemplo: aire, agua, suelo)
- Impacto sobre medio biológico (ejemplo: flora y fauna)
- Impacto sobre medio humano (ejemplo: salud)
- Aspecto reglamentario específico (ejemplo: norma sobre las emisiones de polvo, norma sobre las concentraciones de metales pesados en los efluentes)

Constituyen un aspecto ambiental:

- Los impactos potenciales en el aire, agua o el suelo.
- Las materias primas, los procesos de transformación, los productos y el empleo final de estos.

Se deben tener en cuenta los **aspectos ambientales directos** tales como el humo de chimeneas, nube de vapores tóxicos, cilindros de desechos peligrosos, acumulación de basura, etc., y los **aspectos ambientales indirectos** como las prácticas de aprovisionamiento, acciones personales, gestión de instalaciones, selección de equipos, operación y mantenimiento de equipos.

Es importante comprender claramente que todo error en relación con la aplicación de procedimientos relacionados con un proceso, ya sea al comienzo o al final de ese proceso puede generar un aspecto ambiental significativo (AAS).

Se ha procedido a identificar 16 aspectos ambientales significativos, son los siguientes:

1. Desmontes.
2. Relaves.
3. Residuos metálicos.
4. Aguas residuales.
5. Aceites.
6. Baterías.
7. Llantas.
8. Solución de cianuro líquido de relaves.
9. Emisión de polvos.

10. Reactivos químicos.
11. Explosivos.
12. Aguas servidas.
13. Petróleo.
14. Emisión de gases.
15. Emisión de ruidos.
16. Desechos domésticos.

CUADRO 1.3: Efectos Ambientales Identificados

Impacto	Efectos – Causas	
Deterioro de la calidad del aire	<i>Gases de mercurio</i>	Por mineros informales. Por actividad de refogeo de la amalgama de oro y mercurio.
	<i>Contaminación del aire</i>	Por erosión eólica de los suelos. Por abastecimiento de energía.
	<i>Partículas finas (polvos) en el ambiente</i>	Por acción de los vientos en mina, planta, canchas de relave, transporte de materiales, construcción.
	<i>Gases de combustión</i>	Por transporte de materiales
	<i>Deterioro calidad del aire</i>	Por movimiento de tierra, perforación, explosión, disposición de desmontes, construcción.
Modificación del paisaje natural	<i>Modificación del paisaje natural</i>	Por construcciones de accesos, servicios auxiliares (campamentos, áreas de tratamiento de aguas servidas, talleres de maestranza y mantenimiento), planta de beneficio y las canchas de relaves.
	<i>Deterioro del medio biológico</i>	Por ruido generado por grupo electrógeno y compresoras.
	<i>Deterioro del paisaje</i>	Por movimiento de tierra, por desmontes.
Contaminación del suelo	<i>Derrames de petróleo, aceite, lubricantes, etc.</i>	Por talleres, cambios de lubricantes, almacenamiento de petróleo, grasas, aceites que son utilizados por equipos motorizados (scoop, tractor, camiones, camionetas).
	<i>Derrames de solución Barren</i>	Áreas circundantes a la planta de beneficio.
	<i>Acumulación de desechos domésticos</i>	Campamentos, mina, planta.
Deterioro calidad del suelo	<i>Deterioro calidad del suelo</i>	Por disposición de desmontes. Por disposición final de residuos sólidos domésticos. Por disposición final de efluentes líquidos domésticos.
Contaminación de aguas subterráneas	<i>Aguas servidas</i>	Por aguas servidas
	<i>Mercurio</i>	Quimbaletes, recuperación del oro, amalgamación
	<i>Cianuro</i>	Por disposición de relaves
	<i>Deterioro calidad de agua</i>	Por construcción de accesos
Niveles molestos de generación de ruidos	<i>Niveles molestos de generación de ruidos</i>	Por la compresora, perforación interior mina. Por grupos electrógenos Por perforaciones, explosiones. Generados por planta, construcción de acceso, ampliación de carreteras, etc.
Cambios de geomorfología	<i>Cambios de geomorfología</i>	Por movimiento de tierra Por construcción de vías de acceso Por construcción de instalaciones, campamentos.
Inestabilidad del talud	<i>Inestabilidad del talud</i>	Por transporte a las vías de acceso
Generación de empleo	<i>Generación de empleo</i>	Por actividad en general

CUADRO1.4: Impactos generados por los AAS

AAS	Descripción del Impacto
Desmontes	Modificación de la topografía, potencial de fallamiento (desplazamiento de las canchas de desmonte). Contaminación de suelo y agua por el posible drenaje ácido que podría producir el material en un futuro
Relaves	Modificación de la topografía, potencial de fallamiento (desplazamiento de las canchas de relaves). Contaminación de suelo y agua por el posible drenaje ácido que podría producir el material en un futuro
Residuos metálicos	Contaminación de suelo y agua por el óxido que se produce al encontrarse a la intemperie
Aceites residuales	Contaminación de suelo y agua
Baterías	Contaminación de suelo al oxidarse la parte metálica. Daño a la salud de las personas
Llantas	Contaminación de suelo al oxidarse la parte metálica. Cambio de aspecto ambiental del suelo donde se almacenan las llantas, presentando un alto potencial de incendios.
Efluentes líquidos	Contaminación de suelo
Reactivos químicos	Contaminación de suelo y del agua, afectación a la escasa flora y fauna del lugar. Daño a la salud de las personas
Efluentes líquidos de las relaveras	Contaminación de suelo y del agua, afectación a la escasa flora y fauna del lugar. Daño a la persona
Emisión de polvo	Contaminación del aire Afectación a la salud de las personas
Emisión de gases	Contaminación del aire Afectación a la salud de las personas
Emisión de ruidos	Contaminación Daño a la salud de los trabajadores
Desechos domésticos	Contaminación de suelo y del aire Afectación a la salud de las personas
Explosivos	Contaminación de suelo. Afectación a la salud de las personas
Aguas servidas	Contaminación de suelo y del agua. Afectación a la escasa flora y fauna del lugar. Daño a la persona.
Petróleo	Contaminación de suelo y del agua. Afectación a la escasa flora y fauna del lugar. Daño a la persona. Así mismo presenta un alto potencial de producir incendio.

Para controlar estos aspectos ambientales Compañía Minera Caravelí SAC., esta implantando un Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

El cual plantea la implementación de procedimientos operacionales y de instrucciones de trabajo específicos, para cada uno de los AAS identificados.

Ello constituye en la práctica herramientas de prevención de la contaminación y que cada uno de los trabajadores debe asumir como parte de sus responsabilidades.

Los AAS son la base de los objetivos, metas y programas ambientales que la Organización se fija.

Entendiéndose por:

Objetivo ambiental al fin ambiental de carácter general, el cual tiene su origen en la política ambiental y se puede cuantificar en medida de lo posible.

Meta ambiental como requisito detallado de desempeño, cuantificado cuando sea posible, aplicable a (parte de) la organización, que tiene su origen en los objetivos ambientales y debe ser establecido y cumplirse a fin de alcanzar dichos objetivos.

Programa ambiental como plan de acción, con responsabilidades, medios y plazo, para el logro de los objetivos y metas.

La idea es la de responder a las necesidades ambientales según su grado de prioridad, para después ocuparse de otras preocupaciones menos urgentes, con la misión de mejora continua.

Un enfoque sistemático permitirá que Compañía Minera Caravelí SAC., pueda identificar y caracterizar los **Impactos Ambientales** (cualquier transformación en el ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante de manera total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización).

Se ha identificado 16 Aspectos Ambientales Significativos = enumeración de 16 preocupaciones ambientales en diversas tareas de trabajo.

CUADRO 1.5: Identificación de los procedimientos de control operacional y de los AAS correspondientes

AAS	Titulo	Objetivo	Alcance
Desmante	Utilización del desmante como relleno en la mina	Es el procedimiento para definir el proceso de utilización del desmante como relleno detrítico	Este procedimiento se aplica cada vez que el desmante se utiliza como relleno detrítico en la explotación minera
	Disposición del desmante	Es el procedimiento para definir el proceso de acumulación de materiales estériles (desmante)	Este procedimiento se aplica cada vez que se realiza la disposición de todos los materiales estériles en la superficie
Relave	Control de la estabilidad de las canchas de relaves	Es el procedimiento para definir el proceso de monitoreo y medición realizado para asegurar la estabilidad de la cancha de relaves	Este procedimiento se aplica cada vez que se realiza monitoreo y medición para asegurar la estabilidad de la cancha de relaves
Aceite residual, Batería, Llantas, Gases, Petróleo	Mantenimiento del equipo de bajo perfil	Es el procedimiento para definir las actividades y responsabilidades relacionadas al mantenimiento de los equipos de bajo perfil, considerando los AAS relacionados a esta actividad, es decir los desechos industriales, petróleo y las emisiones de gases.	Este procedimiento se aplica cada vez que se efectúa el mantenimiento de los equipos de bajo perfil
Reactivos químicos	Reactivos de la planta	Es el procedimiento para definir las actividades y responsabilidades relacionadas a la preparación y uso de reactivos en planta	Este procedimiento se aplica a la preparación y uso de reactivos en planta de beneficio
Polvo	Control de polvos en el chancado	Es el procedimiento para definir las actividades y responsabilidades relacionadas a la colección de polvo generado por las operaciones de chancado y transporte por fajas	Este procedimiento se aplica a todas las operaciones de chancado y transporte de sólidos en la planta
Desechos domésticos	Control de recojo de los desechos (RR.SS)	Es el procedimiento para describir el proceso de control del recojo de desechos (RR.SS)	Este procedimiento se aplica cada vez que hay un recojo de desechos (RR.SS)
Explosivos	Almacenamiento o y control de explosivos	Es el procedimiento para definir relacionado al almacenamiento y distribución de los explosivos	Este procedimiento se aplica cada vez que hay actividades de almacenamiento, distribución, transporte en los polvorines de los explosivos
Reactivos químicos	Reactivos de laboratorio	Es el procedimiento para definir las actividades y responsabilidades relacionadas al manipuleo de los reactivos durante el acarreo, preparación, transferencia y ensayos en el laboratorio químico	Este procedimiento es aplicable para el manipuleo y uso de todos los reactivos líquidos o sólidos que se requieren en los ensayos químicos

CUADRO 1.6 : Identificación de las instrucciones de trabajos requeridos y de los AAS correspondientes

AAS	Título	Objetivo	Alcance
Residuos Metálicos	Manejo de la chatarra de la planta	Este instructivo es para definir las actividades y responsabilidades en relación con el manejo de la chatarra que se produce en las operaciones de la planta	
Residuos Metálicos	Almacenamiento, control y venta de la chatarra	Este instructivo es para definir las actividades y responsabilidades en relación al almacenamiento, control y venta de la chatarra	Esta instrucción se aplica cada vez que se debe almacenar, controlar o vender chatarra
Efluentes de relavera	Control de relaves	Este instructivo es para definir el procedimiento relacionado al monitoreo y medición en los vertimientos	Esta instrucción es para definir el proceso relacionado al monitoreo y medición en los vertimientos
Reactivos químicos	Almacenamiento de reactivos	Este instructivo es para definir las actividades y responsabilidades relacionadas al almacenamiento de reactivos en almacén	Esta instrucción se debe aplicar cada vez que se recepciona, almacena y despacha dichos reactivos líquidos o sólidos
Polvo	Voladura de rocas dentro de mina	Este instructivo es para definir las actividades y responsabilidades en relación relacionadas al control de polvos dentro de la mina como resultado de las voladuras de rocas	Esta instrucción se aplica cada vez que se realiza la voladura de rocas en interior mina
Ruido	Operación de compresoras, maquinas perforadoras, Grupos electrógenos	Este instructivo es para describir el manejo de los niveles de ruido originados por el funcionamiento de compresoras, maquinas perforadoras, grupos electrógenos	Esta instrucción se aplica cada vez que se pone en servicio compresoras, maquinas perforadoras, grupos electrógenos
Aguas servidas	Control del sistema de alcantarillado	Este instructivo es para definir el proceso de control del sistema de alcantarillado (agua y desagüe)	Esta instrucción se debe aplicar cada vez que se efectuó el control del sistema de alcantarillado

1.5 ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES

Riesgo ambiental: Es la probabilidad de que suceda un impacto negativo en personas, medio ambiente, propiedad o alguna combinación de ellas.

Se ha identificado los siguientes:

1. Colapsamiento de represas de relave.
2. Incendio interior mina.
3. Incendio superficie mina.
4. Incendio superficie Planta.
5. Incendio Laboratorio.
6. Incendio Talleres.
7. Incendio Almacén.
8. Incendio Campamento.
9. Incendio Fuentes de Energía.
10. Derrame mina: hidrocarburos, aceites y lubricantes.
11. Derrame otras áreas: hidrocarburos, aceites, lubricantes y sustancias químicas.
12. Explosión mina.
13. Explosión Planta y otras áreas.

1.6 METODOLOGIA DE LA EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La matriz de causa efecto, es la utilizada en la evaluación del impacto ambiental que causa esta actividad; para ser mas especifico la Matriz Clásica de Leopold, que es un método de identificación y valoración de impactos.

La base del sistema es una matriz que en las entradas, según columnas contiene las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son características del medio ambiente (o factores ambientales) que pueden ser alterados.

El primer paso para la utilización de esta matriz, consiste en la identificación de las Interacciones existentes, para lo cual se consideran primero todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proceso; luego se requiere considerar todos aquellos factores ambientales de importancia (filas), para así marcar las cuadrículas que presenten Interacciones o efectos.

Luego de haber identificado las interacciones en las cuadrículas se procede a evaluar cada cuadrícula que admite dos valores:

Magnitud

Según un número del 1 al 10, precedidos de un signo positivo (+) o negativo (-), según se trate de efectos en provecho o desmedro del ambiente; en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental y considerado la mínima.

Importancia

También según su número de 1 al 10 que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que presenten alteraciones.

Prosiguiendo con el proceso, se determina cuántas acciones del proyecto o proceso afectan al ambiente, los cuales se podrán apreciar a través de los promedios positivos o negativos que no son más que la suma de cuadrículas marcadas cuya magnitud tenga el signo positivo y negativo respectivamente, la misma estadística que se realizó para cada columna, repite para cada fila.

1.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A través de los promedios positivos y negativos para cada columna, podemos visualizar la forma como cada acción propuesta afecta a los parámetros ambientales analizados.

Por ejemplo, para el caso de las acciones unitarias de la etapa de exploración, se aprecia que el aporte benefactorio al ambiente es menor.

Por otro lado, se observa que la acción campamento. Tiene un promedio positivo de 3 y un promedio negativo nulo; esto indica que esta acción causa un beneficio ambiental.

De esta evaluación de impactos, las acciones más beneficiosas se encuentran dentro de "servicios", donde obtuvo un promedio positivo de 7, mientras que la acción más perjudicial es la perforación en la etapa de operación presentando un valor negativo de 6, seguido por el abastecimiento de energía y compresoras, explosiones, disposición de desmontes con un promedio negativo de 4.

Se aplica el mismo criterio para las filas de la matriz. Para este caso la evaluación presenta al factor ambiental "Generación de Empleo" e Ingresos Económicos" como los más beneficiados; por otro lado, el más afectado es el factor ambiental "Calidad de Aire". Finalmente, si se adiciona por separado los valores de promedios, tanto para las acciones como parámetros o factores ambientales, el valor que se obtendrá será idéntico. En conclusión, el valor obtenido de la evaluación para las actividades del Proyecto, es de (43) promedios negativos y (49) promedios positivos, lo que indica que existe mayor aporte de impactos positivos.

CUADRO 1.7:MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Fase del proyecto	Impacto Ambiental Identificado	Actividad del Proyecto	ATRIBUTOS DE IMPACTOS					
			Extensión	Intensidad	Persistencia	Periodicidad	Tipo de efecto	Capacidad de recuperación
E X P L O R A C I O N	Deterioro de la calidad de aire	Movimiento de tierras	Zonal	Alta	Temporal	Continuo	Directo	Mitigable
		Construcción de vías de acceso	Zonal	Alta	Temporal	Continuo	Directo	Mitigable
		Transporte de materiales	Zonal	Baja	Temporal	Periódico	Directo	Fugaz
		Control de instalaciones / campamento	Local	Baja	Temporal	Discontinuo	Directo	Recuperable
		Abastecimiento de energía	Local	Media	Temporal	Discontinuo	Directo	Fugaz
	Deterioro de la calidad del agua	Construcción de vías de acceso	Local	Baja	Temporal	Discontinuo	Directo	Fugaz
	Niveles molestos y molestos de ruido	Abastecimiento de energía	Local	Baja	Permanente	Discontinuo	Indirecto	Fugaz
		Funcionamiento de compresoras	Local	Media	Permanente	Continuo	Indirecto	Fugaz
	Cambios en la Geomorfología	Movimiento de tierras	Zonal	Media	Temporal	Continuo	Directo	Mitigable
		Construcción de vías de acceso	Zonal	Media	Temporal	Continuo	Directo	Mitigable
		Construcción de instalaciones /campamento	Local	Baja	Temporal	Discontinuo	Directo	Recuperable
	C I E R R E	Deterioro de la calidad de aire	Movimiento de tierras	Zonal	Baja	Temporal	Discontinuo	Directo
Desmante			Local	Baja	Temporal	Continuo	Directo	Reversible
Deterioro de la calidad del suelo		Desmante	Puntual	Baja	Permanente	Continuo	Directo	Reversible
		Desmante	Zonal	Baja	Permanente	Continuo	Directo	Reversible

1.8 LINEAMIENTOS PARA REDUCIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

- El nivel gerencial de la administración de la Compañía Minera Caravelí S. A. C., la Superintendencia y el Programa de Medio Ambiente establecen y suscriben la política y los lineamientos generales respecto al cuidado del medio ambiente y la optimización de los procesos, considerando el siguiente orden de prioridades: Medio Ambiente, Seguridad, Comunicación, y Producción; dentro del marco legal que le dictamina el Estado como empresa privada. Asimismo remiten los reglamentos, procedimientos y disposiciones internas ambientales que norman las actividades de los trabajadores, siendo la comunicación el elemento clave de la eficiencia de su gestión administrativa, que garantiza la participación total de los trabajadores.
- El Programa de Medio Ambiente está integrado a los niveles de decisión operativa y participa en los proyectos de desarrollo en las áreas de producción de manera productiva hacia el cuidado del medio ambiente, así como la seguridad en el trabajo para la protección y el bienestar general del trabajador, traducidos en mayor productividad.
- Prevenir los impactos ambientales realizando un inventario completo de los riesgos en todas las áreas de actividad de la Empresa y determinar las medidas correctivas para eliminar las causas reales y potenciales de los impactos, haciendo seguimiento responsable de su aplicación.
- La supervisión actuará en forma proactiva en la prevención de pérdidas y refuerzo del comportamiento seguro suprimiendo las condiciones y actos subestándares conformando grupos de evaluación de decisiones en el contexto Costo-Beneficio para los objetivos del cuidado de medio ambiente.
- Complementar todo programa de capacitación a los diferentes niveles con el tópico de medio ambiente correspondiente, asegurar que la capacitación garantice el conocimiento de la tarea y promueva el desarrollo personal.
- La responsabilidad en el control del cuidado del medio ambiente es de todos los niveles de la organización, la administración establecerá los objetivos anuales específicos para cada nivel involucrado.

- El Programa de Medio Ambiente brindará celosa y diligente acción asesora, promotora y de permanente supervisión de campo implementando el control administrativo para verificar el cumplimiento del programa, se dotará de todo material y ayudas audiovisuales desplegando una constante comunicación y motivación para interiorizar la Filosofía y la Política, de la Compañía Minera Caravelí S. A. C.(foto 9)

1.9 OBJETIVOS GENERALES

- Aplicar las técnicas de Administración Moderna de la Gestión Ambiental.
- Integrar la Gestión Ambiental a todas las actividades y procesos de las operaciones, desde su planificación, ejecución y finalización.
- Motivar el cambio de mentalidad del personal, vía la identificación, concientización y participación de la Gestión Ambiental en el trabajo y la vida, considerando que todos los niveles de administración tienen responsabilidad.
- Incrementar la capacitación, entrenamiento y el desarrollo personal en todos los trabajadores.
- Fomentar el liderazgo en todos los niveles de operación.
- Hacer de la Compañía Minera Caravelí S. A. C. una mina modelo en Gestión Ambiental.
- Promover y mantener el más alto grado de bienestar físico y mental.
- Proteger a los trabajadores de los riesgos resultantes de los agentes nocivos con motivo de sus ocupaciones.
- Ubicar y mantener a los trabajadores de manera adecuada de acuerdo a sus aptitudes físicas y psicológicas.
- Proteger las instalaciones y propiedades con el fin de garantizar las fuentes de trabajo y mejorar la productividad.
- Hacer cumplir el Reglamento de Medio Ambiente.

1.10 ROGRAMA ANUAL

1.10.1 PROGRAMA DE CAPACITACION

Se continuará dando la máxima prioridad a la capacitación y modificación de los hábitos del cuidado al medio ambiente hacia una actitud preventiva-proactiva de los supervisores, así como al personal de contrata.

Los supervisores de Medio Ambiente continuarán dictando charlas de Gestión Ambiental y desarrollarán programas de instrucción y corrección de hábitos ambientales a todos los trabajadores.

CUADRO 1.8:PROGRAMA DE INSTRUCCIONES

ACTIVIDADES	Periodo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Personal nuevo	al ingresar												
Supervisores	mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Personal contrata	Semanal	XXXX											
Personal Cía.	Semanal	XXXX											
Microcontratistas	Semanal	XXXX											

1.10.2 PROGRAMA DE INSPECCIÓN Y MONITOREO

CUADRO 1.9: PROGRAMA DE INSPECCIONES Y MONITOREO

ACTIVIDADES	Periodo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Agentes químicos													
Control de Gases	Semanal	XXXX											
Control de temperatura	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de Polvo	Semanal	XXXX											
Agentes físicos													
Control de Talud	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de Humedad	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de Ruido	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Descarga de fluidos	Semanal	XXXX											
Disposición de Materiales	Semanal	XXXX											
Relleno Sanitario	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de Iluminación	Semanal	XXXX											
Evaluaciones	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Las inspecciones y monitoreo se efectuarán de acuerdo al programa de actividades que se adjunta. (ver fotos 10,11,12,13,14 y 15)

1.11 EL VALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

Los recursos naturales pueden ser renovables, no renovables. A un nivel masa inmediato, los recursos renovables incluyen bosques que han sido talados y replantados selectivamente, poblaciones de animales y plantas que se han manejado apropiadamente mediante caza , pesca y recolección controladas, y aguas con aportaciones controladas que fácilmente pueden ser reciclados y reutilizadas. Los recursos no renovables incluyen animales, plantas y el paisaje natural como parte de la "campiña" usado para actividades de turismo como para observación de aves, pesca, montañismo, vistas panorámicas, etc. Los recursos no renovables son finitos y las demás categorías infinitas siempre no sean sobre explotadas o dañadas.

Tradicionalmente, en la economía, el estado del ambiente no ha sido utilizado como criterio para influir en las decisiones de lo óptimos económicos. Los servicios ambientales como la absorción de la contaminación por los sistemas bióticos no son vendibles y muchos factores ambientales como la estabilidad del ecosistema, los valores panorámicos y recreativos, la importancia histórica y otros no son fácilmente cuantificables. Tales elementos siempre fueron excluidos de los análisis económicos. Es mas difícil poner valor monetario a cosas tales como la belleza o la salud. Con la publicación de la estrategia para la conservación mundial (IUCN 1980). La idea de la sostenibilidad dentro en la ecuación y parámetros ambientales para su valoración.

La sostenibilidad implica la gestión de todos los valores y recursos naturales y humanas para aumentar la riqueza y el bienestar a largo plazo para todo el desarrollo sostenible rechaza las políticas que reducen la base productiva y dejan a las generaciones futuras con perspectivas pobres y/o riesgos mayores que los nuestros. Las tecnologías que contribuyen al desarrollo sostenible incluyen el control de la contaminación, la producción de energía renovable, reciclado y la recuperación de recursos, la gestión de recursos y la en vestigacion científica.

1.12 PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Para la evaluación de la Gestión Ambiental se hace un análisis, e informe de la misma basada en la recopilación de datos obtenidos en el lugar de la ocurrencia, el relato de testigos e investigación de otras evidencias.

Cualquier accidente por más leve que sea será investigado con la finalidad de encontrar las causas, las mismas que nos servirán para tomar las medidas correctivas y así evitar que vuelva a ocurrir.

CUADRO 1.10

PROGRAMA DE EVALUACION DE GESTION AMBIENTAL

ACTIVIDADES	Periodo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Mina	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Planta	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
campamentos y otros	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1.13 COMITÉS DE MEDIO AMBIENTE Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Tenemos establecido y vigente el Comité de Medio Ambiente, quienes se reúnen mensualmente y son convocados por los jefes seccionales y el Programa de Medio Ambiente.

Este comité seguirá impulsando a fin de que sus sesiones se lleven a cabo mensualmente por su gran importancia en la prevención del cuidado del medio ambiente, ya que convoca a la mayor parte de trabajadores, motivando e incentivando a trabajar dentro de las normas ambientales, siendo el organismo ejecutivo de los programas de medio ambiente.

1.14 SUPERVISIÓN

Los supervisores deben contribuir con su liderazgo personal. Al garantizar una protección satisfactoria contra los impactos ambientales, en acuerdo con las políticas de la Empresa.

Así mismo la supervisión debe situar el cuidado del ambiente al mismo nivel de la Producción, los Costos y la Calidad.(foto 16 y 17)

El supervisor será responsable que:

- Se tomen las precauciones de cuidado del medio ambiente y el uso adecuado del equipo de protección personal.
- Que los trabajadores comprendan y sigan los procedimientos de trabajo
- Que como líder del equipo de trabajadores tiene como obligación instruir, capacitar y dictar charlas de cuidado del medio ambiente.
- Que ocurrido un impacto, debe hacer las investigaciones del caso, emitir el informe y tomar las medidas para mitigarlo.

1.15 CONCURSO DE MEDIO AMBIENTE Y PROGRAMA DE REUNIONES, CAPACITACIÓN Y RESCATE.

Medio eficaz como recurso de competencia para incentivar la mayor participación de los trabajadores en el desarrollo del programa, creando mayor interés y una actitud positiva hacia la prevención de impactos ambientales causados por actos y condiciones subestándar, ayudándonos a alcanzar nuestros objetivos.(foto 18).

Cuadro 1.11 : Programa de reuniones , capacitacion y rescate

ACTIVIDADES	Periodo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
REUNIONES													
Comite Medio Ambiente	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Comite Extraordinario	Cuando se requiere												
Reunión / Producción	Semanal	XXXX											
PROPAGANDA													
Charlas 30 minutos	Mensual	XX											
Instrucción Especiales	Cuando se requiera												
Revistas,Películas	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CONCURSOS													
Por Areas trabajo	Semestral		X					X					
Por Unidad	Anual							X					
Cuadrilla Rescate	Semestral		X					X					
Simulacro	Semestral			X					X				

1.16 PRESA DE RELAVES

1.16.1 INTRODUCCION

- EL procesamiento de minerales genera millones de toneladas de residuos en el mundo denominado relaves.
- El método mas difundido de disposición de relaves actualmente es la descarga en presas de relaves.
- Las fases de vida de una presa de relaves se dividen: Construcción, Operación, Cierre y Post cierre.
- Una serie de accidentes personales y ambientales ha generado el inadecuado manejo de las presa de relaves muchos de tos cuales han tenido repercusiones mundiales.

1.16.2 FALLAS EN PRESAS DE RELAVES

- Las fallas en las presas de Relaves son consideradas uno de los mayores potenciales de accidentes asociados en la actividad minera:
- Las Causas tipitas son: Pobre sistema de administración de aguas, sobre carga, falta en las bases o cimientos, fallas en el sistema de drenaje, entubamiento, erosión y los movimientos sísmicos.
- Sus efectos potenciales son: Perdida de vidas, contaminación de las fuentes de agua, destrucción de hábitat acuático, perdida de los cultivos y contaminación de las tierras agrícolas, amenazas a los hábitat protegidos y a la biodiversidad, así como la perdida del sustento de la vida y el deterioro del paisaje.
- Deshecho mineral sólido de tamaño fino proveniente del procesamiento de minerales e incluye las trozas de reactivos químicos.

1.16.3 METODOS DE DISPOSICIÓN DE RELAVES

Los métodos de disposición existentes son:

- Descarga dentro de los socavones mineros abandonados
- Descarga en los tajos abiertos abandonados
- Descarga en el mar
- Descarga en represas

1.16.4 TIPO DE REPRESAS DE RELAVES

la disposición superficial de los relaves se emplea presas de varios tipos para formar el depósito que contenga los relaves y la solución del proceso metalúrgico.

Existen dos clases generales de estructuras de retención

- a.) Presas de tierra y/o enrocamiento
- b.) Presas de relaves

a.) Presas de tierra y/o enrocamiento

Son diseñadas y construidas de acuerdo con las técnicas usuales de presa para retención de agua, con la única excepción que los taludes agua arriba no están adecuadas para experimentar el vaciado rápido.

b.) Presas de relaves

El levantamiento de la presa generalmente se inicia con un dique de arranque que es construido de material natural de préstamo, y su tamaño debe permitir el almacenamiento del volumen de dos o tres años de descarga de relaves, así como las avenidas si lo hubiera.

Indiferentemente del tipo de material empleado en la construcción el crecimiento de la presa cae generalmente en tres clases: Aguas Arriba, Aguas Abajo y Línea Central. Estas designaciones se refieren a la dirección en que se mueve la cresta de la presa, en relación a la posición inicial del dique de arranque, a medida que se incrementa su altura.

I Métodos Agua Arriba

Los relaves son descargados periféricamente desde su cresta para formar una playa. La playa primera formada viene a ser la fundación para un segundo dique perimetral y similarmente esta segunda playa es la fundación para el tercer dique perimetral y esta operación continua a medida incrementa la altura de la presa. Los relaves forman de esta manera una playa razonablemente competente para soportar los diques perimetrales. Como regla general, es necesario no menos de 40-60% de arena del total de relaves descargados. Esto impide el empleo de este método para rocas blandas o finos.

Las mayores ventajas de este método son el bajo costo y su simplicidad. Para la construcción de los diques perimetrales son necesarios volúmenes mínimo de relleno colocado mecánicamente.

El uso del método de Aguas Arriba sin embargo es limitado a condiciones específicas, por factores que incluyen el control del nivel freático, capacidad de depósito de agua y la susceptibilidad a la licuefacción sísmica.

II Método de construcción aguas abajo

Los relaves son descargados en el depósito formado por el dique de arranque. Las etapas de crecimiento de la presa es construida colocando el relleno sobre el talud aguas abajo del levantamiento previo. Este método permite incorporar medidas estructurales dentro del cuerpo de la presa por ejemplo núcleos impermeables y drenes internos, para un control positivo del nivel freático. En este caso, la presa puede almacenar volúmenes significantes de agua directamente contra el talud aguas arriba de presa; y en otros casos el empleo de un apropiado sistema de descarga perimetral formando una ancha y bien controlada playa de relaves, puede originar en un buen control del nivel freático sin la necesidad de zonas impermeables y drenes.

Considerando que el nivel freático pueden ser mantenidos en niveles bajos dentro del relleno y teniendo en cuenta que el cuerpo total del relleno puede ser compactado, este método de construcción es resistente a la licuefacción y puede ser empleado en zonas de regular sismicidad.

La mayor desventaja es el uso de un gran volumen de relleno de presa requerido y su elevado costo. La disponibilidad de relleno para varios levantamientos de la presa, puede también imponer impedimentos de la construcción. El volumen de relleno requerido para cada sucesivo levantamiento aguas abajo, sin embargo, con frecuencia se incrementa exponencialmente a medida que el cuerpo de la presa incrementa su altura. Consecuentemente se requiere de un planeamiento anticipado, para la producción de relleno para que así sea suficiente en todo momento, durante la construcción de la presa.

III Método de la Línea Central

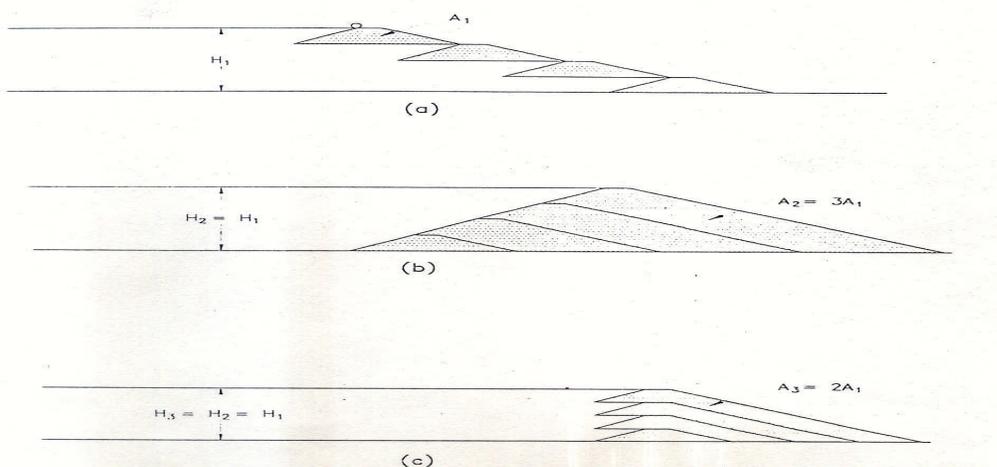
El método se inicia con un dique de arranque, desde cuya cresta es distribuido el relave en todo su perímetro para formar el depósito. Los subsecuentes levantamientos son construidos colocando el relleno encima de la playa y del talud aguas abajo previamente levantado. Las líneas de centro de los levantamientos son coincidentes a medida que el relleno de la presa progresa.

Puede ser provista zonas de drenaje internas dentro del cuerpo de la presa para controlar el nivel freático, motivo por el cual la ubicación del agua del depósito no afectaran a la estabilidad de la presa .

Como consecuencia de que el cuerpo principal del relleno de la presa puede ser compactado y controlado los niveles de saturación por drenaje interno, este método tiene generalmente buena resistencia sísmica. Puede ocurrir en el evento de una licuefacción de las playas de relaves, una limitada falla que comprometa proporciones de relleno aguas arriba colocado sobre la playa.

Sin embargo, mientras las porciones central y aguas debajo de la presa permanecen intactas y si el agua no es acumulada directamente contra la presa, la integridad total y estabilidad de la presa como un todo se considera que no será afectada.

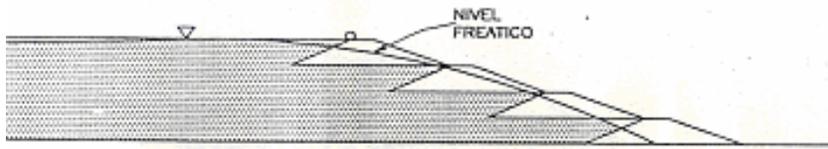
FIGURA A1



COMPARACION DE LOS VOLUMENES DE LAS PRESAS
CONSTRUIDAS CON LOS METODOS:

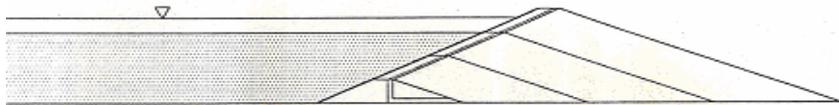
- (a) AGUAS ARRIBA
- (b) AGUAS ABAJO
- (c) LINEA CENTRAL

FIGURA A2



PRESA DE RELAVES CON EL METODO
DE AGUAS ARRIBA

FIGURA A3



PRESA DE RELAVES CON EL METODO
DE AGUAS ABAJO

FIGURA A4



PRESA DE RELAVES CON EL METODO
DE LA LINEA CENTRAL

CUADRO 1.12. COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS TIPOS DE DEPOSITO DE RELAVES				
TIPO DE PRESA	RESISTENCIA SISMICA	RESTRICION CRECIMIENTO	REQUERIMIENTO RELLENO PRESA	COSTO RELATIVO PRESA
Materiales convencionales (Tierra)	Bueno	Presa completa construida inicialmente	Suelo natural material prestamo	Alto
Aguas Arriba	Pobre en areas de alta sismicidad	Mayormente deseable entre 5-10 m/año es peligroso para mayores de 15m/año	Suelo natural,arena de relaves o desechos de mina	Bajo
Aguas Abajo	Bueno	Ninguno	Arena de relaves o desechos de mina si la producción es suficiente o suelo natural	Alto
Linea Central	Aceptable	Restricciones de altura para levantamientos individuales	Arena de relaves o desechos de mina si la producción es suficiente o suelo natural	Moderado

1.16.5 MANEJO DE FLUJOS DE AGUA NORMALES O PROMEDIOS

El control agua superficial requiere el conocimiento del balance hidrológico en el deposito, que es un procedimiento de comparación de los flujos de entrada y salida del almacenamiento de relaves.

CUADRO 1.13 :VARIABLES DEL BALANCE HIDRICO	
ENTRADAS	SALIDAS
1) Agua de decantación de relaves 2) Precipitación 3) Escorrentía 4) manantiales	1) retorno agua a la mina 2) evaporación 3) descarga del flujo de cimentación 4) flujo a través de la presa 5) descarga directa
ENTRADAS =SALIDAS	

1.16.6 MANEJO DE LAS AVENIDAS

Las avenidas pueden afectar la estabilidad de la presa de dos maneras:

Al ingresar un volumen suficiente de agua al depósito como para originar el desbordamiento de la presa.

Por erosión de su talud inferior al incrementar el volumen de agua en un caudal del curso de agua, adyacente al emplazamiento del depósito.

De acuerdo con las normas de diseño de los depósitos de relaves en operación y abandono, correspondientes a la dirección general de asuntos ambientales, y de la dirección general de minería del ministerio de energía y minas, las avenidas extraordinarias de un curso de agua serán obtenidas para periodos de retorno de 500 años.

El caudal de la avenida extraordinaria se calcula con los métodos de cálculo:

➤ **Método racional**

$$Q_{\text{escorr}} = 0.278 C_e \cdot i \cdot A \quad (\text{M}^3/\text{S})$$

C_e = Coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia en mm/h

A = área de aporte en Km^2

➤ **Método regional (Creager)**

$$Q_{\text{max}} = (C_1 + C_2) \log T \cdot A^{(m \cdot A^{-n})}$$

C_1, C_2, m, n = parámetros regionales

T = periodo de retorno en años

A = Área de la cuenca Km^2

1.16.7 METODOS DE CONTROL DE AVENIDAS

Almacenamiento en el deposito

El caudal de agua ingresa al deposito, permaneciendo el nivel debajo de un borde libre que garantice la no ocurrencia del desbordamiento durante la fase de crecimiento de la presa.

Derivación por vertedero.

El caudal que ingresa al deposito es inmediatamente evacuado por un vertedero, instalado fuera del cuerpo de presa.

Canal de derivación

El caudal de la avenida extraordinaria es derivado por un canal que impida el ingreso al deposito de relaves.

Presa de derivación.

El caudal de la avenida es derivado fuera del area del deposito mediante una presa proyectada convenientemente.

Almacenamiento y derivación por una presa de retencion y conducto

Los caudales de las avenidas extraordinarias seran almacenadas por una presa de retencion de agua, y evacuada fuera del area por una tubería.

1.16.8 REQUERIMIENTOS PARA UNA DISPOSICIÓN SEGURA DE RELAVES

Establezca estándares mundiales para seguridad en presas de relaves:

Planeamiento:

- Evaluación del lugar (estudios geológicos, sismicidad, clima, etc.)
- Evaluación de los riesgos (temporadas de alta lluvia, inundaciones, terremotos, etc.)
- Análisis anticipado de los tipos de fallas y sus impactos (rutas de descarga de lodos, uso de los terrenos, fuentes de agua y poblaciones aguas abajo)
- Selección del tipo de presas.

1.16.9 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES

a) Potencial de Licuación:

El programa de exploración de campo mostró que el muro principal de la Relavera 2, sobre todo el tramo superior, está constituido por limo arenoso de relave de compactación media a suelta y horizontes de arcilla blanda en alternancia.

Dado estas condiciones en el muro principal de la Relavera 1, que representa la sección más crítica, no se produciría licuación.

Sin embargo, nuestra preocupación es cuando se deposite el relave en la Relavera 1 y no se tiene cuidado con el manejo del espejo de agua, tal como ocurre en la Relavera 2, donde el espejo de agua estaba en contacto con el muro auxiliar, produciendo saturación y afloramiento de agua a medio talud del respectivo muro.

Al producirse esta última condición en la Relavera 1, se va generar en el muro un nivel de agua temporal y sobresaturación de los materiales, en consecuencia es importante conocer el factor de seguridad contra el potencial de licuación.

El potencial de licuación del muro perimetral principal de la Relavera 2, se evalúa mediante el programa de cómputo LIQUFAC Versión 2.0, desarrollado por la Naval Facilities Engineering Command (1994).

Este programa utiliza la ecuación desarrollada por Seed (1984) y Castro (1987).

El potencial de licuación se evalúa mediante el factor de seguridad definido como:

$$F_s = \frac{(\gamma / \sigma \acute{o})_{Suelo}}{(\gamma / \sigma \acute{o})_{Sismo}}$$

Donde:

$(\gamma / \sigma \acute{o})_{Suelo}$ = Relación de resistencia cíclica del suelo.

$(\gamma / \sigma \acute{o})_{Sismo}$ = Relación de esfuerzo cíclico promedio desarrollado durante el sismo

Los resultados obtenidos de este programa presentan un factor de seguridad menor que 1. $F_s = 0.213 / 0.257 = 0.827$

Lo cual indica que los suelos del muro son susceptibles de ser afectado por el fenómeno de licuación, por lo tanto el manejo del espejo de agua constituye un requisito indispensable para garantizar la seguridad física de la Relavera Chacchulle.

1.16.10 TALUDES DE LOS TERRAPLENES DE RELAVES

Con toda la información que se dispone se evalúan las condiciones de estabilidad del deposito de relaves referente al área de relaveras, mediante un trabajo sistemático.

El método de cálculo trata de representar adecuadamente a las unidades geotécnicas involucradas, adoptando un modelo de falla e integrando todos los factores que condicionan la estabilidad: propiedades de comportamiento físico-mecánico de los relaves, condiciones geométricas de las presas de relave y condiciones del agua subterránea.

Previamente, mediante back análisis del nuevo terraplén de relaves, se establecen los diferente parámetros de los materiales presentes por la precaria compactación en la berma de Coronación de su dique.

a) Método de cálculo

Para el análisis de la estabilidad de los taludes en general se adapto el uso de programa de cómputo XSTABL versión 4.10 preparado por Sunil Sharma y compilado con Microsoft Fortran 5.1, este es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente integrado, permite desarrollar la geometría del talud interactivamente y realiza el análisis de taludes con versión modificada del programa STABL, desarrollado originalmente en la Universidad de Purdue.

El análisis para calcular el factor de seguridad se lleva a cabo bidimensionalmente, usando el concepto de equilibrio limite y empleando ya sea los métodos de Bishop o Janbu modificados. El programa puede ser usado para buscar la superficie potencial de falla mas critica o el factor de seguridad puede ser determinado para una superficie especifica de falla. XSTABL esta programado para manipular:

- Sistemas homogéneos o heterogéneos de rocas y suelos

- Propiedades anisotropicas de resistencia de los materiales.
- Reforzamiento de taludes.
- Envolvente de resistencia Mohr-Coulomb no lineal.
- Presiones porosas del agua para análisis de esfuerzos efectivos, usando:
 - . Superficies freáticas y piezométricas.
 - . Malla de presión de poros
 - . Factor R_u , presión de poros como fracción de la presión vertical total del terreno dentro del talud.
 - . Presión de poros del agua, constante.
- Carga sísmica pseudo-estática.
- Sobrecargas actuantes sobre los taludes.
- Generación automática y análisis de un numero ilimitado de superficies de fallas circulares, no circulares y en forma de bloques.
- Análisis de taludes de cara recta.
- Unidades tanto del sistema internacional (SI) como unidades inglesas.

b) Factores de Seguridad Mínimos

Siendo esta una estructura importante, cuya falla podría ocasionar daños severos al medio ambiente, se ha considerado importante tomar en cuenta los factores de seguridad que se han adoptado en otros proyectos de construcción de canchas de relaves, los cuales revelan valores entre 1.5 y 1.8 en condiciones estáticas, valores que concuerdan con las guías ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

**FACTORES DE SEGURIDAD MINIMOS PARA ANÁLISIS DE CUADRO
CUADRO 1.14: ESTABILIDAD EN PRESAS DE TIERRA**

Condición	Talud Aguas	
	Arriba	Abajo
I) Al final de la construcción	1.3	1.3
Para presas de más de 15m	1.4	1.4
II) Estado de infiltración constante	----	1.5
III) Desembalse Rápido	1.5	----
IV) Sismo		
Solo condiciones I y II	1.0	1.0

c) **Condiciones de análisis**

Para llevar a efecto el análisis de estabilidad se consideraron las siguientes condiciones de análisis:

- Se ha considerado los taludes actuales que presentan entre el pie y la cresta de las relaveras y que fueron medidos en el campo (ver planos 3 y 4 del anexo II).
- Se ha analizado la sección 1-1', 3-3' de los terraplenes 1 y 2; y la sección 2-2' del terraplén nuevo (ver anexo II, plano 3 y 4).
- En cada sección de análisis se consideran los diferentes tipos de materiales presentes los que se resumen en cinco tipo de materiales; los depósitos aluviales (fundación), limo arcilloso con arena y algo de grava (terraplén principal inferior), limo arenoso con arcilla (terraplén principal superior), limo arenoso con arcilla (embalse) y grava arenosa con limo (nuevo terraplén).
- Se considera que las propiedades de los materiales que conforman el perfil estratigráfico de la sección de análisis son homogéneas e isotrópicas y que el colapso podría ocurrir en 2 formas: el primero por el cuerpo de la relavera conformado dique y el embalse y segundo a través de la cimentación. Cada material tiene sus propiedades y propiedades y características físicas y mecánicas.
- Se considera una falla circular y el método de análisis adoptado es el de Bishop simplificado, y que se encuentran implementados en el programa de computo XSTABL.
- Los resultados de los análisis se presentan en términos de superficies potenciales de falla. La superficie crítica de deslizamiento es aquella que proporciona el menor factor de seguridad.
- El análisis es aproximado a un estado de deformación plano, esto es, análisis bidimensional, si bien las condiciones insitu no reflejen exactamente este estado.
- Se ha tratado de asumir las condiciones reales de campo, es decir, es decir se incluye el efecto gravitatorio de los diferentes materiales y el efecto dinámico de los sismos. Se incluye la influencia del agua subterránea producto de la deposición de los relaves y las características hidrológicas del lugar y las calicatas ejecutadas, pero no se consideran el efecto del tiempo ni de la meteorización.
- El coeficiente sísmico del diseño adoptado es de 0.25g.

En principio los análisis fueron orientados a verificar la estabilidad de los taludes con estos ángulos. Según los valores del factor de seguridad obtenidos en los análisis, se ha reanalizado la estabilidad de los taludes debiéndose colocar una banqueta de equilibrio al pie del talud, cuando se tenían factores de seguridad iniciales bajos.

CUADRO 1.15: ANGULOS DE TALUDES DE LAS CANCHAS DE RELAVES

Cancha de relaves	Angulo de talud
1 talud oeste	25°
1 y 2 talud norte	31°
Nuevo talud oeste	28°

d) Resultados obtenidos

En las fig. a3 al a4 se presentan los resultados de los análisis de estabilidad efectuados y en la tabla 1.16, un resumen de los mismos.

CUADRO1.16: FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS TALUDES DE LOS TERRAPLENES DE RELAVES

Terraplén N°	Sector	Sección	Factor de Seguridad			
			Situación actual		Con banqueta de equilibrio	
			Estático Pseudoestático	Pseudoestático Estático	Estático Pseudoestático	Pseudoestático Estático
		a = 0.25		a = 0.25		
1	Oeste	1 – 1	1.417	0.847	1.858	1.00
1 y 2	Norte	3 – 3	1.10	0.7	1.609	0.994
Nuevo	Oeste	2 – 2	1.109*	--	1.714	1.057

Como se puede observar de estos resultados, para la altura que presentan los terraplenes pueden sufrir un deslizamiento ante la ocurrencia de un evento sísmico de característica severa, para lo cual se toma las precauciones del caso.

e) Alternativas de estabilización

Para lograr una condición estable de los terraplenes en análisis, se presentan la siguiente solución:

Colocación de una banqueta de equilibrio al pie del talud de cada uno de los terraplenes en análisis. Esta alternativa considera el refuerzo del pie del talud con material de préstamo de naturaleza gravosa.

Los resultados de los análisis considerando la banqueta de equilibrio se presentan en las figuras a1 y a3 y un resumen de los factores de seguridad se muestra en la tabla 15, estos resultados de estabilidad son satisfactorios.

No se ha ensayado otro tipo de alternativa por ser esta operativamente mas viable y económica.

Se hicieron la toma de datos, así como las correcciones de acuerdo a las observaciones que se hicieron.

Fig.a1

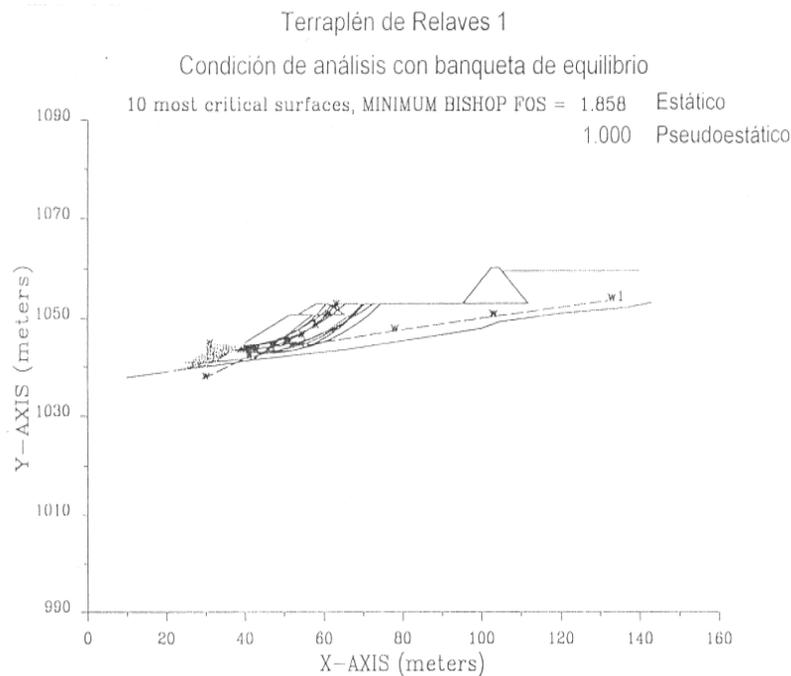


Fig. a2

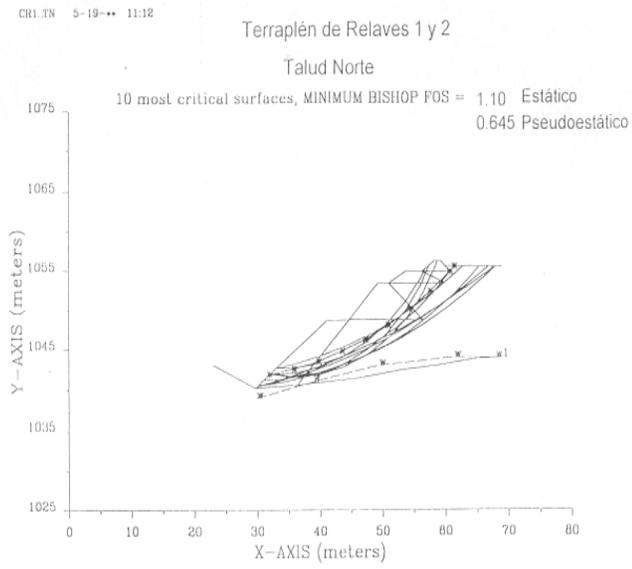


Fig.a3

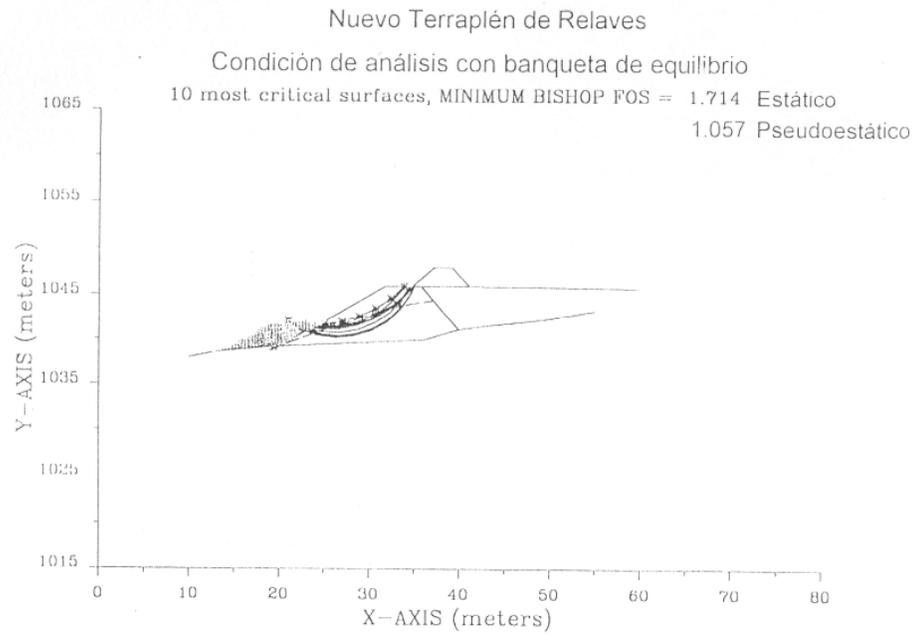
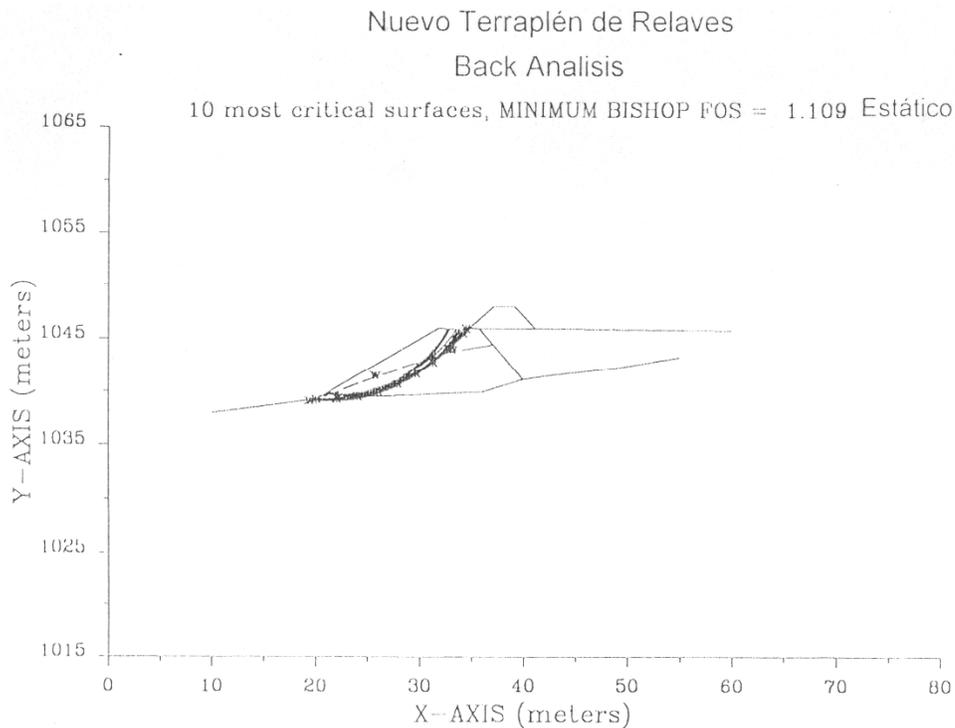


Fig. a4



1.16.11 ESTABILIDAD QUIMICA DE CANCHA DE RELAVES

El manejo de las cancha de relaves estara en funcion de los siguientes elementos:

Manejo de aguas

Introducción a los fundamentos en Geoquímica

Drenaje acido de roca Fundamentos y prediccion

Manejo de la inestabilidad quimica....prevencion y control

A.-REACCIONES GEOQUIMICAS EN RELAVES

Disolucion de carbonatos y silicatos

Oxidación de los sulfuros

Neutralización de acidez

Precipitación de hidroxidos de metales

Disolución y precipitación de sulfatos

Disolución de hidróxidos

Co-precipitación de metales

Absorción y adsorción de metales

B.- MECANISMO DE ATENUACION

FISICOS	QUIMICOS	FISICO-QUIMICO	BIOLÓGICOS
Filtración	Precipitación	Adsorción	Biodegradación
Dispersión	Hidrólisis	Fijación	Asimilación
Dilución	Complejación		
Volatilización	Oxidación		
	Reducción		

C.- ESPECIES EN RELACIONES CON POTENCIAL DE SER MÓVILES

CATIONES	Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn
ANIONES	SO ₄ ⁻² , NO ₃ ⁻
ESPECIES ANFOTERICAS	As, Sb, Cr, Mo, Se
COMPLEJOS DE CIANURO	CN ⁻ , HCN, WAD CN(Cu, Zn, Ni), complejos fuertes de CN(Fe, Co), SCN, CON.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME : LG01-035
SOLICITANTE : S. C. INGENIERIA S. R. L.
PROYECTO : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S. A. - Depósito de Relaves 'Chacchulle'
UBICACIÓN : Dist. Huanuhuanu - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa
FECHA : Abril, 2001

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA RELATIVA DE SOLIDOS (Gs) (ASTM-D854)			
Sondaje	Profundidad (m)	Clasificación (SUCS)	Gravedad Especifica Relativa de Sólidos
CA 01 - 02	2.20 - 2.40	CL	2.90
CA 01 - 03	1.40	ML	2.96
CA 01 - 03	2.20	ML	2.33
CA 01 - 04	1.30 - 1.60	CL	2.95
CA 01 - 06	1.50	CL	2.98
CA 01 - 06	5.00	—	2.97

Amab
LABORATORIO GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
 SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
 LABORATORIO GEOTECNICO

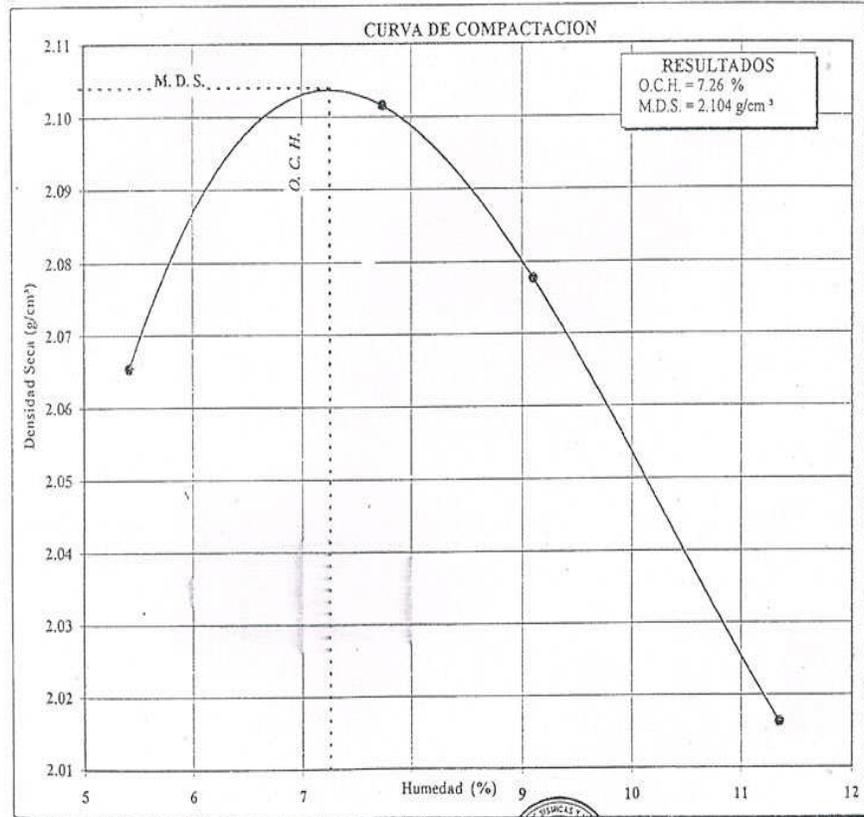


ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM - D1557 C)

INFORME N° : LG01-035
 SOLICITANTE : S. C. INGENIERIA S. R. L.
 PROYECTO : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S. A. - Depósito de Relaves "Chacchuille"
 UBICACION : Dist. Huanuhuanu - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa
 FECHA : Abril, 2001

Sondaje : CA 01 - 01 Profundidad (m) : 0.90 - 1.65
 Muestra : — Clasific. (SUCS) : GM

TABLA DE DATOS				
Humedad (%)	5.43	7.75	9.12	11.36
Densidad Seca (g/cm ³)	2.07	2.10	2.08	2.02



David Luna Duran
 DAVID LUNA DURAN
 INC. CIVIL - CIP. 43988
 L.A.B. GEOTECNICO

00103



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

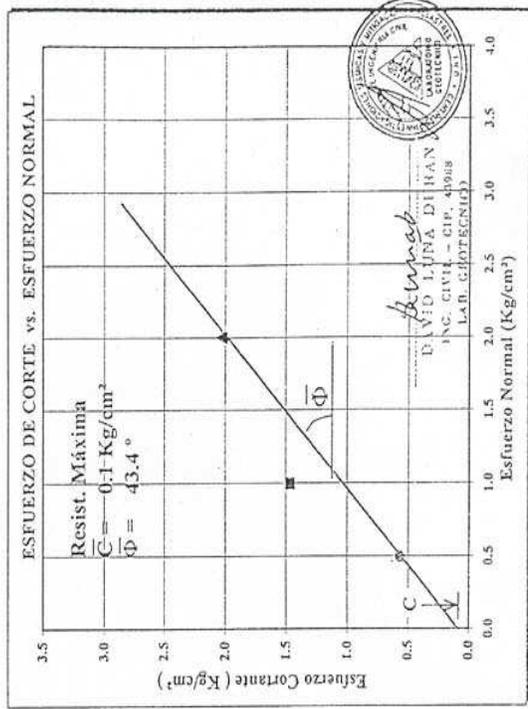
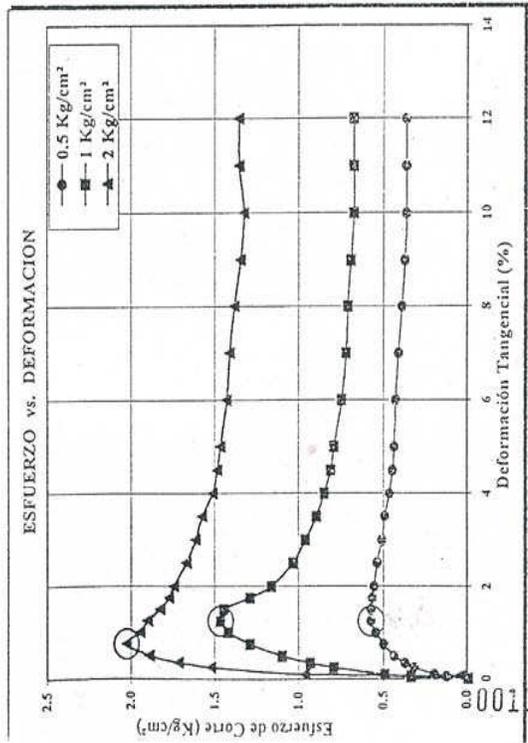


CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

FORME N° : LG01-035
OLICITANTE : S. C. INGENIERIA S. R. L.
PROYECTO : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S. A. - Depósito de Relaves "Chachuille"
UBICACION : Dist. Huamahuani - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa
FECHA : Abril, 2001

Sondaje : CA 01 - 01
Muestra : ---
Profundidad (m) : 0.90 - 1.65
Clasific. (SUCS) : GM
Estado : Remoldeado



AV. TUPAC AMARU N° 1550 - LIMA 25 - PERU - APARTADO POSTAL 31-250 LIMA 31 - TELÉFONOS (51-1) 481-0170 / 482-0777 / 482-0799 - TELEFAX: 482-0884 - e-mail: director@cisnilf.uni.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU) (ASTM - D4767)

INFORME N° : LG01-035
SOLICITANTE : S. C. INGENIERIA S. R. L.
PROYECTO : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S. A. - Depósito de Relaves "Chacchulle"
UBICACION : Dist. Huanuhuanu - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa
FECHA : Abril, 2001
Sondaje : CA 01 - 04 Clasific. (SUCS) : CL
Muestra : - Estado de la muestra : Remoldeado
Prof. (m) : 1,30 - 1,60

ESPECIMEN 02

DATOS DEL ESPECIMEN		
Condiciones	Inicial	Final
Altura (h) (cm)	9.91	9.85
Diámetro (φ) (cm)	5.04	4.89
Densidad seca (γ_d) (g/cm ³)	1.51	1.62
Humedad (ω) (%)	20.27	27.77

DATOS DEL ENSAYO		
Parámetro "B" (%)		94.00
Velocidad de Carga (mm/min)		0.20
Presión de Celda (σ_3) (Kg/cm ²)		4.00
Contra Presión (Kg/cm ²)		2.00
Esf. Efectivo Inicial ($\bar{\sigma}_3$) (Kg/cm ²)		2.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (Kg/cm ²)	P. P. (Kg/cm ²)	$\bar{\sigma}_3$ (Kg/cm ²)	$\bar{\sigma}_1$ (Kg/cm ²)	P (Kg/cm ²)	Q (Kg/cm ²)	Q/P	Oblicuidad ($\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_3$)
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.33	0.10	1.90	2.23	2.06	0.16	0.08	1.17
0.10	0.43	0.17	1.83	2.26	2.04	0.21	0.10	1.23
0.20	0.56	0.27	1.73	2.29	2.01	0.28	0.14	1.32
0.35	0.71	0.42	1.58	2.29	1.93	0.35	0.18	1.45
0.50	0.82	0.54	1.46	2.28	1.87	0.41	0.22	1.56
0.75	0.94	0.70	1.30	2.24	1.77	0.47	0.27	1.72
1.00	1.02	0.81	1.19	2.21	1.70	0.51	0.30	1.86
1.25	1.08	0.93	1.07	2.15	1.61	0.54	0.33	2.01
1.50	1.12	1.00	1.00	2.12	1.56	0.56	0.36	2.12
1.75	1.15	1.05	0.95	2.10	1.52	0.57	0.38	2.21
2.00	1.17	1.09	0.91	2.08	1.49	0.58	0.39	2.28
2.50	1.20	1.17	0.83	2.03	1.43	0.60	0.42	2.45
3.00	1.23	1.20	0.80	2.03	1.41	0.61	0.43	2.53
3.50	1.25	1.23	0.77	2.02	1.39	0.62	0.45	2.62
4.00	1.27	1.26	0.74	2.01	1.37	0.63	0.46	2.71
4.50	1.28	1.27	0.73	2.01	1.37	0.64	0.47	2.76
5.00	1.30	1.29	0.71	2.01	1.36	0.65	0.48	2.83
6.00	1.32	1.28	0.72	2.04	1.38	0.66	0.48	2.84
7.00	1.36	1.29	0.71	2.07	1.39	0.68	0.49	2.92
8.00	1.39	1.29	0.71	2.10	1.41	0.70	0.49	2.96
10.00	1.46	1.30	0.70	2.16	1.43	0.73	0.51	3.08
12.00	1.52	1.26	0.74	2.26	1.50	0.76	0.51	3.05
14.00	1.58	1.24	0.76	2.34	1.55	0.79	0.51	3.07
15.00	1.60	1.24	0.76	2.36	1.56	0.80	0.51	3.11

OBSERVACIONES : Densidad seca = 1.54 g/cm³, Humedad = 20.0 %. Datos porporcionados del ensayo de Peso volumétrico

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
ING. CIVIL - CIP. 43988
L.B. GEOTECNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

INFORME N° : LG01-035
SOLICITANTE : S. C. INGENIERIA S. R. L.
PROYECTO : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S. A. - Depósito de Relaves "Chacchulle"
UBICACIÓN : Dist. Huanuhuanu - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa
FECHA : Abril, 2001

Sondaje : CA 01 - 03
Muestra : —
Profundidad (m) : 0.80 - 2.10
Clasific. (SUCS) : ML
Estado : Inalterado
Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.25

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (h)	(cm)	1.93	1.91	1.93	1.83	1.93	1.90	
Diámetro (φ)	(cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm ³)	1.33	1.35	1.29	1.36	1.28	1.30	
Humedad (ω)	(%)	5.33	9.00	9.98	8.74	8.20	7.90	
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	0.50		1.00		2.00		
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.03	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.02
0.10	0.05	0.09	0.10	0.06	0.06	0.10	0.12	0.06
0.25	0.06	0.11	0.25	0.06	0.06	0.25	0.15	0.07
0.35	0.07	0.15	0.35	0.08	0.08	0.35	0.22	0.11
0.50	0.09	0.18	0.50	0.10	0.10	0.50	0.30	0.15
0.75	0.12	0.24	0.75	0.10	0.10	0.75	0.34	0.17
1.00	0.15	0.29	1.00	0.14	0.14	1.00	0.41	0.21
1.25	0.17	0.33	1.25	0.17	0.17	1.25	0.47	0.23
1.50	0.19	0.39	1.50	0.19	0.19	1.50	0.52	0.26
1.75	0.21	0.42	1.75	0.22	0.22	1.75	0.56	0.28
2.00	0.22	0.44	2.00	0.24	0.24	2.00	0.58	0.29
2.50	0.24	0.48	2.50	0.26	0.26	2.50	0.61	0.30
3.00	0.25	0.50	3.00	0.29	0.29	3.00	0.63	0.32
3.50	0.26	0.52	3.50	0.32	0.32	3.50	0.66	0.33
4.00	0.27	0.53	4.00	0.33	0.33	4.00	0.67	0.34
4.50	0.29	0.57	4.50	0.35	0.35	4.50	0.69	0.35
5.00	0.29	0.59	5.00	0.38	0.38	5.00	0.71	0.35
6.00	0.30	0.61	6.00	0.40	0.40	6.00	0.72	0.36
7.00	0.32	0.64	7.00	0.41	0.41	7.00	0.72	0.36
8.00	0.32	0.64	8.00	0.42	0.42	8.00	0.72	0.36
9.00	0.31	0.63	9.00	0.43	0.43	9.00	0.72	0.36
10.00	0.32	0.64	10.00	0.45	0.45	10.00	0.74	0.37
11.00	0.32	0.64	11.00	0.44	0.44	11.00	0.74	0.37
12.00	0.31	0.63	12.00	0.43	0.43	12.00	0.74	0.37

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
ING. CIVIL - CIP. 43968
LAB. GEOTECNICO



CUADRO 1.17: ANALISIS GEOQUIMICO DE MUESTRAS DE DESMONTE DE MINA						
CANCHA	Cu(%)	As(%)	Sb(%)	Bi(%)	Fe(%)	S(%)
VETA JUANITA III	0.01	0.04	<0.01	0.003	3.8	0.09
VETA ESPERANZA	0.01	<0.01	<0.01	0.003	4.8	0.1
Fuente Laboratorio J. Ramon(2002)						

CUADRO 1.18: EVALUACION DE DRENAJE ACIDO			
PARAMETROS	UNIDADES	V JUANITA III	V. ESPERANZA
PH en pasta	PH	8.68	8.08
PA	Kg CaCO ₃ /TM	3	3.84
PN	Kg CaCO ₃ /TM	31.43	81.71
PNN	Kg CaCO ₃ /TM	28.43	77.87
PA	Potencial Acido		
PN	Potencial de Neutralizacion		
PNN	Potencial Neto de Neutralizacion		
Fuente Lab. J. Ramon(2002)			

CUADRO 1.19: ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	UNIDAD	Norma ref. ALPHA 95	LIMITE DE DETECCION
PH	6.89	9.99	7.86	7.05	7.03	6.84	PH	4500B	0.02
TSS(*)	<5	78	<5	7	<5	<5	mg/L	2540D	5
Pb	0.038	0.05	0.063	0.053	0.056	0.051	mg/L	3500BPb	0.01
Cu	<0.01	56.87	0.053	<0.01	<0.01	<0.01	mg/L	3500BCu	0.01
Zn	0.046	13.81	0.034	0.017	0.019	0.035	mg/L	3500BZn	0.015
Fe	<0.008	0.399	<0.008	0.073	<0.008	<0.008	mg/L	3500BFe	0.008
As	<0.005	0.14	<0.005	0.015	<0.005	<0.005	mg/L	3500BAAs	0.005
Hg	<0.002	0.169	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	mg/L	3500BHg	0.002
CN total	<0.005	420	0.073	0.077	<0.005	<0.005	mg/L	4500CN	0.005
Coli. Totales						92	NMP/100cc	9221B	3
coli. Fecales						<3	NMP/100cc	9221C	3

(*)TSS: Solidos Totales
Suspendidos

M1 POZO CAPTACION
AGUA
M2 POZO SOLUCION BARREN
M3 POZO SEPTICO
POZO CAMPAMENTO
M4 RELAVE
**FUENTE LABECO
(ANALISIS
AMBIENTALES S.R.L.)**

CAPITULO II PLAN DE CIERRE Y CONTINGENCIAS

2.1 PLAN DE CIERRE

Cía. Minera Caravelí S.A.C., se empecina, apuesta y se arriesga en continuar con la actividad minera en sus yacimientos, que por su naturaleza aurífera, son erráticos. Sin embargo, con fé prosigue y espera continuar obteniendo resultados al menos como los logrados hasta la fecha.

Minera Caravelí S.A.C. previniendo cualquier contingencia que pudiera presentarse durante el desarrollo de sus operaciones mineras, siempre tiene presente el Correspondiente Plan de Cierre.

Los objetivos del cierre son:

- a) controlar los riesgos
- b) contener las descargas físicas y químicas
- c) establecer el uso sostenible de la tierra

El desarrollo del plan de cierre de una mina requiere de un análisis de impacto ambiental para identificar y caracterizar los recursos a proteger. Una vez que se han determinado los recursos que incluyen: agua, aire, fauna silvestre y los usos futuros de la tierra debe señalarse los niveles de protección para establecer un uso beneficioso.

Se comunicará a las autoridades correspondientes (Autoridades Locales y Dirección General de Minería) acerca del abandono del Área, para coordinar la Finalización de las exploraciones y las medidas que se tomarán.

En el Plan de Abandono y Rehabilitación se detallan las actividades que el responsable del Manejo Ambiental tendrá que realizar para atenuar, disminuir o eliminar el efecto ambiental, que ocasionaría un eventual abandono de la zona de las operaciones.

Para su efecto se presentará a la autoridad minera, el correspondiente plan de abandono y de restauración de las áreas, algunos de estos trabajos podrían desarrollarse durante las operaciones mineras.

Para proteger la salud humana y el medio ambiente, es fundamental mantener la estabilidad física y química

Las estructuras en la Zona de "San Andrés" son angostas por lo que las excavaciones de explotación en interior mina son generalmente estrechas y de magnitudes relativamente cortas. De dejarlas que se derrumben, la superficie del terreno no será afectada.

El minado en la Zona de "Capitana" con el sistema de corte y relleno ascendente, es una técnica que reducirá apreciablemente la perturbación potencial de la superficie.

No habrá generación de drenaje ácido de mina o canchas de desmonte que puedan descargar aguas ácidas contaminadas con metales disueltos; así como la erosión hídrica o eólica que puedan arrastrar sólidos en estas zonas alejadas donde se encuentran las operaciones mineras.

La erosión eólica no originará transporte de polvo, partículas o sedimentos, debido a la fuerte granulometría de los desmontes y no afectará; la ausencia de aguas superficiales y pluviales no provocará escorrentías, ni cambios químicos en las labores ni en los desmontes, por lo que no se establecerían controles de fuentes emisoras.

Sin embargo, los ingresos serán taponeados para evitar el ingreso de personas. Las bocaminas se sellarán de acuerdo a las sugerencias de las Guías Ambientales de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

En cuanto al uso futuro de la tierra de las áreas sometidas a la actividad minera, no serán de beneficio debido a su carácter rocoso, pedregoso, árido, típico de desierto.

La fauna y flora es silvestre y su hábitat no será variado. Después de las actividades mineras, las tierras continuarán como siempre, sin uso.

Las canchas de desmonte han sido sujetas a fuertes eventos sísmicos, sin sufrir alteraciones físicas, por lo que no serán manejados para adecuarlas a la fisonomía de los cerros.

Los campamentos, talleres, etc. se levantarán en su totalidad, cuidando de no dejar expuesto material o desperdicios, de manera que los silos y rellenos sanitarios queden sellados.

Las carreteras de acceso a las labores mineras, serán comprendidas en el plan de rehabilitación.

El cierre, prácticamente será un abandono simple, en las zonas de clima árido, por lo que no requerirá de ningún tipo de monitoreo o mantenimiento adicional. No habrá investigaciones sobre mitigación de impactos ambientales ocasionados por un drenaje ácido de minas.

Los campamentos, talleres, etc. se levantarán en su totalidad, cuidando de no dejar expuesto material o desperdicios, de manera que los silos y rellenos sanitarios queden sellados.

Las carreteras de acceso a las labores mineras, serán comprendidas en el plan de rehabilitación.

El cierre, prácticamente será un abandono simple, en las zonas de clima árido, por lo que no requerirá de ningún tipo de monitoreo o mantenimiento adicional. No habrá investigaciones sobre mitigación de impactos ambientales ocasionados por un drenaje ácido de minas.(foto 22)

2.2 PLANES DE CONTINGENCIA

2.2.1 INTRODUCCION

Cia. Minera Caravelí dentro de su plan de contingencias tiene que para su actividad metalúrgica la planta emplea sustancias como Combustibles, Cianuro de Sodio e Hidróxido de Sodio en cantidades que ameritan su incluso dentro de los alcances de la Resolución Directoral N° 134-2000-EM/DGM.

Otras sustancias como Lubricantes, Ácidos Sulfúrico, Peróxido de Hidrógeno y demás reactivos de laboratorio, son utilizadas en cantidades de muy poca significación y descargadas por el respectivo análisis de riesgo.

En la planta no se utiliza Cal viva ni Mercurio.

En el caso de las minas, el consumo de combustibles y lubricantes es mínimo. No hay consumo de otras sustancias referidas en dicha Resolución Directoral.

2.2.2 MISION Y POLITICA DE CIA MINERA CARAVELI SAC

Misión

Operar dentro de un marco técnico competitivo y con un sistema de supervisión y control adecuado, para la mejora continua del proceso productivo, velando por la empresa, los trabajadores y la sociedad civil.

Política

- En la operación de la Planta de Lixiviación y minas, la Empresa mantiene entre sus principales preocupaciones la eficiencia de los procesos, la seguridad del personal e instalaciones y el cuidado del medio ambiente dentro del radio de acción de sus actividades: así como el mantenimiento de relaciones cordiales con las demás entidades, sean políticas. Sociales, industriales, comerciales o comunitarias en el ámbito de las zonas de sus operaciones.
- Consciente de las posibilidades de riesgo e inherentes a todo proceso industrial, es política de Cia. Minera Carabela SAC. mantener a la Planta de Lixiviación y minas

adecuadamente preparadas para el control de contingencia que, a pesar de las medidas de prevención celosamente aplicadas, puedan emerger en determinadas circunstancias .

- Para el caso específico de Sustancias Tóxicas y peligrosas, la planta de Lixiviación y minas tienen estructurados planes de contingencia con los recursos humanos y físicos necesarios para el control de las contingencias que pudiera derivarse de su transporte, carga, almacenamiento, control y manipuleo.

En lo que respecta al transporte de combustibles hasta la Lixiviación y minas, es política de la Empresa contratar el servicio de transporte con empresas autorizadas e inscritas, con registro vigente en la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, que cuenten con Póliza de Seguros de Responsabilidad Civil Extra contractual, vigente, que cubra los daños a terceros en bienes y personas, por siniestros que pudieran ocurrir en los medios de transporte a su cargo. Que el sistema de transporte cuente con la autorización de uso y funcionamiento de OSINERG y que haya pasado exitosamente la última revisión técnica y se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. Que el conductor haya pasado por un programa de entrenamiento para emergencia.

- Es igualmente política de la Empresa exigir que, en el servicio de transporte de combustibles que contrate, el transportista cumpla escrupulosamente con lo dispuesto por los Artículos 41° al 44°, 58° y demás disposiciones aplicables del Reglamento para la Comercialización de Combustible Líquido y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 030-98-EM, de 1° de agosto de 1998; así como las normas pertinentes del Reglamento de Seguridad para el transporte de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 26-94-EM, de 10 de mayo de 1994; y además normas administrativas y reglamentarias aplicables.

- Para el transporte externo de las otras sustancias que emplea la Planta de Lixiviación, es política de la Empresa contratar el servicio de transporte con empresas debidamente autorizadas; y exigir que cuenten con Póliza de Seguros de Responsabilidad Civil Extra contractual, vigente, que cubra los daños a terceros en bienes y personas, por siniestros que pudieran ocurrir en los medios de transporte a su cargo; que el sistema de transporte haya pasado exitosamente la última revisión técnica y se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. Que el conductor haya pasado por un programa de entrenamiento para responder en casos de emergencia.

Es igualmente política de la Empresa exigir que el Transportista cumpla escrupulosamente con lo dispuesto por la ley N° 27 181 – ley General de Transporte y Transito Terrestre, por el Decreto Legislativo N° 420, Código de Transito y seguridad Vial y normas reglamentarias aplicables.

2.2.3 OBJETIVO

Establecer una organización de respuesta, asignar responsabilidades, proveer la información básica sobre las características del área afectada y ejecutar los procedimientos requeridos para una respuesta adecuada y oportuna entre una situación de emergencia, utilizando, de la manera más eficiente, los recursos internos de la empresa y coordinando los apoyos externos.

2.2.4 ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA A LA CONTINGENCIA

El sistema de respuesta a las contingencias comprende básicamente lo siguiente:

a) Elaboración y Difusión de Cartillas de respuesta ante emergencias

Se ha elaborado y se difunde adecuadamente Cartillas de Seguridad específicas para el conocimiento de los riesgos: manejo adecuado y control de emergencias derivadas de sustancias tóxicas y peligrosas utilizadas en el proceso de producción.

Avisos y afiches de seguridad y demarcación de áreas complementan la prevención de emergencias.

b) Comité de Crisis

Se ha constituido un Comité de Crisis organizado de la siguiente manera:

Superintendente General

Preside el Comité de Crisis. En su ausencia, lo preside el Jefe de Planta. Informa al Gerente General sobre el suceso, acciones adoptadas y resultados; solicitando, de ser necesario, la atención de los asuntos de orden legal, financiero y de seguro. Dispone se dé aviso a la Autoridad Minera y a la Empresa de Auditoria e Inspectoría.

Jefe del Programa de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

Es el Coordinador del Plan de Contingencia y la persona que recibe el aviso sobre la emergencia, informando de inmediato al Presidente del Comité de Crisis y demás miembros de la organización y coordina con el área de Logística Lima. Verifica igualmente que la Policía Nacional de la localidad haya tomado conocimiento del suceso o, en todo caso, les informa y solicita su apoyo y el que se requiera de otras instituciones según lo demande la emergencia. Coordina el trabajo de la Cuadrilla de Emergencia.

Jefe de Planta

Asesora el trabajo de la Cuadrilla de Rescate en el área de la planta misma y dispone el apoyo del personal a su cargo en las áreas de control de la emergencia.

Jefe de Mantenimiento

Asesora el Trabajo de la Cuadrilla de Emergencia en lo relativo a instalaciones mecánicas y eléctricas, disponiendo el apoyo especializado que fuera requerido para la atención de la emergencia. Dirige los trabajos de restauración, reparación, reposición y descarte en el área de su especialidad.

Jefe de Minas

Asesora el Trabajo de la Cuadrilla de Rescate en el área de las minas y dispone el apoyo del personal a su cargo en las tareas de control de la emergencia.

Jefe del Servicio de Protección Interna

Es el vocero de la Planta y minas por encargo del Presidente del Plan. Coordina las facultades de Primeros Auxilios y atención médica y hospitalaria que fuese requerida, así como la de protección de plana.

Jefe de Logística - Lima

Es el enlace entre la Planta y minas, el Proveedor y el Transportista.

Exige al Proveedor de la carga, embalaje, despacho y demás que le concierne, se realice de manera adecuada y sobre todo segura. Exige al Transportista que las operaciones de carga, transporte y descarga se realicen en conformidad con las reglamentaciones pertinentes que se describen en el rubro Nro. 2 sobre Política de la Empresa referentemente a Contingencias.

2.2.5 DEFINICION DE AREAS CRITICAS

Las áreas críticas, están definidas por las zonas en que se realiza la carga y descarga, almacenamiento y manipuleo de las sustancias específicamente incluidas en el Plan de Contingencia. Así, se tiene las siguientes fuentes:

Combustibles : Zona de tanques de almacenamiento y tuberías

Hidróxido de Sodio: Depósito, área de preparación y alimentación en planta.

Cianuro de Sodio: Deposito, área de preparación y alimentación en planta.

Cancha de Relaves: Área de deposición.

Considerando la menor posibilidad de ocurrencia de contingencias, estas fuentes pueden calificarse como de bajo riesgo.

2.2.6 COMUNICACIÓN Y DEMAS RECURSOS

Para una mejor respuesta a las emergencias que puedan presentarse, el Plan está en condiciones de contar con vehículos, en forma rápida y oportuna, comunicación radial con la Gerencia – Lima, la que a su vez está enlazada al sistema nacional e internacional de comunicación telefónica. La comunicación interna es por radios portátiles. Existe equipo

de primeros auxilios y equipos como extintores, implementos de seguridad y herramientas diversas.

La Planta está interconectada por radio con la Policía Nacional.

La planta cuenta con un Manual de Procedimiento de Transporte, Carga y Descarga, Almacenamiento, Control y Manipuleo de Sustancias Tóxicas y Peligrosas en actualización.

En las Instalaciones de la Planta existen bombas, mangueras, caños y duchas para la atención de emergencias en caso ocurrieran derrames, fugas, salpicaduras y otros incidentes relacionados con las sustancias tóxicas y peligrosas empleadas en el proceso. Existen igualmente afiches y avisos preventivos para el efecto.

Cuenta además con ocho extintores hábiles. El tipo de extintores corresponde a Polvo Químico Seco, los mismos que se encuentran ubicados en lugares estratégicos para cualquier emergencia y al alcance del Personal de la Planta y minas.

2.2.7 ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS

El programa para emergencias tiene por ejemplo retroalimentar y detallar las medidas básicas que deben tomarse para manejar los posibles casos de emergencia que podrían tener lugar, tales como derrames, emanaciones accidentales de gases tóxicos, incendios, explosiones y traumas corporales ocasionados por actos violentos.

Este programa incluye:

- a) Liderazgo y administración
- b) Plan de emergencia
- c) Entrenamiento de los trabajadores en primeros auxilios
- d) Controles de las fuentes de energía
- e) Equipos de protección y rescate
- f) Equipos de emergencia
- g) Asistentes de primeros auxilios
- h) Planificación Post -Suceso
- i) Comunicación de emergencia.

El personal de operaciones de Planta y minas recibe capacitación teórico práctica en prevención y control de emergencias (rotura de envases, depósitos, cisternas o tanques, derrames, escapes u otras derivadas del transporte y uso de sustancias tóxicas y peligrosas), para el cumplimiento de la misión asignada en casos de emergencia.

Asimismo el personal está instruido sobre la naturaleza tóxica y/o corrosiva y/o combustible de los materiales que se emplea en las operaciones de la Planta ya sea bajo la forma de líquidos, vapor, solución, cristales, etc.

La planta y minas cuenta con una Cuadrilla de Emergencia, cuyos miembros están debidamente capacitados en primeros auxilios, salvataje, control de incendios, rescate de víctimas, control de escapes, y derrames de sustancias tóxicas y peligrosas, neutralización de desechos, etc.

El personal que forma parte de la Cuadrilla ha sido seleccionado entre empleados y obreros con mayor experiencia y que conocen ampliamente las diversas instalaciones y procesos de la Planta y minas y poseen un sentido de responsabilidad adecuado a la importancia de su misión. Renuevan su instrucción no mayores a tres meses.

Se realiza por lo menos cada tres o seis meses simulacros de los diferentes tipos de emergencia. Así, se tiene:

Derrame de combustibles;	Primer mes de cada trimestre
Derrame de Cianuro o Soda Cáustica	Primer mes de cada trimestre
Incendio	Primer mes de cada trimestre
Explosión	Primer mes de cada trimestre
Sismo	Primer mes de cada semestre
Relavera	Primer mes de cada semestre

2.2.8 OPERACIÓN DE RESPUESTA

a) Procedimientos de notificación

a.1) Comunicación al Ministerio de Energía y Minas

Confirmada la emergencia según lo que se dispone en 2.2.4, el Superintendente General o quien lo remplace comunicará el hecho a la Gerencia General, la misma que Informará al Ministerio de Energía y Minas -Dirección General de Minería, dentro de las 24 horas de la ocurrencia, por la vía más expeditiva posible, en este caso teléfono y/o, Correo Electrónico.

De a misma forma se dará aviso a la Empresa de Auditoría e Inspectoría designada para cubrir el periodo anual respectivo, así como a las autoridades que se determine necesario avisar.

a.2) Comunicaciones con otras instituciones de apoyo.

Se tiene una lista de contactos a ser convocados según lo demande la naturaleza de la emergencia. Para el efecto, la vía más expeditiva es por radio con la Policía Nacional del Perú -Puesto de Chala, con el encargo de avisar cualquier necesidad adicional de emergencia a otras instituciones. El mismo encargo se da a la Gerencia -Lima para que comunique telefónicamente y/o por correo electrónico.

a.3) Comunicación con la comunidad

Las actividades de la Planta se realizan dentro de un área absolutamente aislada. Por tanto, las posibilidades de afectar bienes y propiedades de terceros o asentamientos humanos son remotas como consecuencia de la contingencia. De cualquier manera, existe comunicación por radio con la Policía Nacional del Perú, con el encargo de avisar, de requerirse, a la Municipalidad Distrital de Huanuhuanu.

En general, toda emergencia deberá. Comunicarse de inmediato al Jefe del Programa de: Seguridad e Higiene.

En ausencia del Jefe del Programa de Seguridad e Higiene, se dará aviso al Superintendente de la Planta.

En el caso de servicio de transporte contratado, se instruirá al Transportista para que avise de la misma forma, a los efectos de recibir el apoyo que pueda brindar la Planta y de las previsiones que esta deba tomar respecto de sus operaciones. Este aviso sin perjuicio del procedimiento que debe seguir el Transportista de conformidad con las reglamentaciones que le son aplicables.

La persona que reciba el aviso deberá obtener del informante los siguientes datos:

- Nombre del informante
- Lugar de la empresa
- Hora aproximada del suceso
- Circunstancia en que ocurrió el suceso
- Posibles causas del suceso.

2.2.9 IDENTIFICACION DE AREAS CRITICAS

Recibida la información, el Jefe del Programa de Seguridad y/o, en su efecto, el funcionario que designe la Superintendencia General, se aproximará al lugar del suceso para ratificar o rectificar lo informado y constatar si la emergencia continúa.

De estimarse que la magnitud de la emergencia sobrepasa la capacidad de respuesta, se contactará con el Superintendente General, quien será el encargado de tomar las acciones a mayor nivel y disponer los avisos correspondientes.

En el caso del servicio de transporte contratado, verificará que el Transportista haya recibido el aviso correspondiente y lo instará a proceder de conformidad con las reglamentaciones que le son aplicables al efecto. Sin perjuicio de ello, verificará que la Policía Nacional haya sido avisada sobre la ocurrencia del suceso.

2.2.10 PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA

Las operaciones de respuesta se llevarán a cabo conforme a los procedimientos de trabajo y perfiles de seguridad establecidos, a fin de prevenir incendios, explosiones o accidentes u otros daños, y sus prioridades son las siguientes:

- Preservar la salud integral física de los trabajadores
- Prevenir o minimizar la contaminación de propagación hacia áreas que afecten las necesidades básicas o primarias de posibles núcleos poblacionales.

Es necesario destacar que la Planta y minas cuentan con su Cuadrilla de Emergencia y el personal se encuentra capacitado para responder a este tipo de emergencia, pudiendo llegar a evaluaciones considerando las condiciones del lugar donde ocurre el suceso.

En el caso de servicio de transporte contratado, la Planta brindará apoyo a las acciones que deba realizar el Transportista en cumplimiento de las reglamentaciones aplicables.

Las características riesgos y medidas de protección y control relacionados con los Combustibles se encuentran en el manual de “**Cartilla de Seguridad – Diesel N° 2**”.

Las características riesgos y medidas de protección y control relacionados con **Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio**, se encuentran respectivamente en los manuales “**Cartillas de Seguridad – Hidróxido de Sodio**” y “**Cartilla de Seguridad – Cianuro de Sodio**”.

2.2.11 EVALUACION DE CONTINGENCIA

Basándose en la información de los sub-grupos, se elaborará el registro de daños como parte del informe Final de la contingencia. En dicho registro se detallara lo siguiente:

- Recursos Utilizados.
- Recursos No Utilizados.
- Recursos Destruídos o Perdidos.

2.2.12 PROCEDIMIENTOS PARA ACTUALIZACION Y REVISION DEL PLAN

Concluidas las operaciones de respuesta se reunirán el Jefe del Plan y los Jefes de cada sub-grupo, con el propósito de evaluar la ejecución del Plan de Contingencia y elaborar las recomendaciones que permitan un desarrollo a futuro cada vez mejor.

Se efectuará un análisis exhaustivo sobre las causas, origen, intensidad, extensión y eventuales daños de la contingencia, a los efectos de:

a) Corregir actitudes del personal y/o supervisión. Si la contingencia se derivó de una actitud personal, o si algún error humano u omisión contribuyó a un mayor efecto de la contingencia.

b) Corregir y/o superar cualquier instalación y/o emplazamiento de equipo, si la contingencia se derivó de ello o si tal instalación o equipo hubiera contribuido a un mayor efecto de la contingencia.

c) Demandar mayor seguridad y cuidado de parte del transportista si la contingencia se derivó durante la ejecución del servicio de transporte contratado por la Empresa.

d) Perfeccionar el trabajo de los grupos de respuesta frente a una contingencia.

f) Perfeccionar la coordinación interna y externa durante la atención de una contingencia y superar algún déficit en el parque de equipos e instalaciones de respuesta que eventualmente se haya evidenciado durante la emergencia.

2.2.13 REMEDIACION

Es casi imposible de restaurar a su condición original la tierra que ha sido explotada por una mina. Por lo tanto, el propósito de la remediación debe ser el alcance de un equilibrio ecológico que no contribuya a la deterioración ambiental y que sea consistente con su contorno de la zona.

Antes de que una compañía pueda cerrar permanentemente una mina y retirarse de la faena minera, todos los procesos de remediación planeados de anticipación deben ser

cumplidos y se debe confirmar la seguridad del área. La planeación debe llevarse a cabo mucho tiempo antes del cierre de la mina, con esmero en minimizar los riesgos ambientales y de salud, y con respeto de las necesidades ecológicas de cada situación. La planeación rigurosa del manejo de desechos durante la explotación minera minimiza el costo de remediación al cerrar la mina.

2.2.13.1 POSIBLES EFECTOS Y PUNTOS IMPORTANTES SOBRE EL CIERRE Y REMEDIACION:

- La remediación no significa que el área será restaurada a su condición original, sino más bien a un estado aceptable que tome en consideración su uso previo y futuro.
- Cualquiera que sea el uso posterior de la tierra, la mina no debe ser cerrada hasta que las actividades de remediación hayan sido totalmente completadas. Esto puede tomar de cinco a diez años o más, por lo que un monitoreo continuo durante esta fase debe llevarse a cabo, hasta que las comunidades locales y los organismos gubernamentales estén satisfechos de que la remediación ha sido un éxito.
- Las actividades de remediación deben ocurrir también durante la fase de explotación de la mina.
- El ancho de las capas de suelo en ciertas regiones es muy pequeño, y las temporadas en que la vegetación puede crecer son muy cortas. Además, el alto contenido en metales de los materiales estériles amontonados y de las canchas de relave puede ser demasiado tóxico para que la vegetación en el área se puede restablecer. En estos casos, es necesario dispersar una capa adicional de suelo para que la vegetación pueda echar raíces.
- En ciertos casos, la remediación puede nunca terminar, por ejemplo si necesitan sistemas de captación y tratamiento de agua a largo plazo. En algunas operaciones mineras, pueden ser necesarios monitoreo y actividades de mantenimiento a largo plazo (cientos o miles de años, o a perpetuidad).

- El drenaje ácido de mina es uno de los más complicados problemas de remediación, ya que una vez iniciado, no puede ser detenido. Por lo tanto, este tipo de remediación es a largo plazo. Lo mejor es evitar que el drenaje ácido de mina empiece a ocurrir.

A menudo, se utilizan membranas de barro y de materiales sintéticos para prevenir la generación de ácido, ya que éstas minimizan el contacto de los desechos con el aire y el agua. Estas membranas funcionan a corto plazo si están bien diseñadas e instaladas, pero pueden presentar problemas después de cinco, 10, o 20 años. Si la generación de ácido empieza a ocurrir dentro de los desechos enterrados, el suelo puede contaminarse eventualmente, matando vegetación y acelerando la erosión y el drenaje ácido de mina, por lo que las operaciones mineras en donde esto puede ocurrir deben ser remediadas cuidadosamente. El monitoreo a largo plazo de las membranas de recubrimiento puede ser un factor importante en los planes de cierre y remediación de minas.

CAPITULO III ELABORACIÓN DE ESTANDARES Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO CORRECTO

3.1 EL CONCEPTO DE RIESGO OPERACIONAL Y SU ADMINISTRACIÓN

La existencia de riesgo asociado a un sistema productivo, crea posibilidades de variación en los resultados operacionales que se ha planeado obtener. Cuando el resultado posible de la operación de un sistema o proceso, es igual o cercano al buscado, significa que no existe variación respecto de lo planeado; en tal situación, o no existe riesgo asociado a ese sistema o proceso, o bien tiene su potencial de pérdidas neutralizado o inhibido.

Por el contrario, si los resultados posibles son muchos y distintos del resultado planeado o deseado, la variación es amplia y, en consecuencia, existe un potencial de degradación real del sistema o proceso; esta condición involucra que la operación productiva pueda producir pérdidas.

Desde un punto de vista conceptual y práctico, es correcto emplear el término RIESGO para expresar la percepción que se tiene de la contingencia o proximidad de una pérdida operacional debido a cambios producidos en las condiciones del sistema o proceso productivo.

Si estos cambios producidos en la naturaleza y/o en las propiedades del sistema o proceso productivo, se detectan en forma anticipada y se actúa en forma oportuna, adecuada a las nuevas condiciones imperantes, es factible reducir el potencial de pérdida impuesto por el riesgo, llevándolo a un nivel o magnitud insuficientes para degradar los resultados operacionales.

Tales mecanismos de detección, análisis y tratamiento del riesgo operacional, son en sí herramientas para realizar la efectiva administración del riesgo, en forma sistemática y continua, y a través de planes de acción operativa perfectamente integrados a la estrategia de negocios de la organización.

Nuestra experiencia nos permite señalar, sin embargo, que se otorga escasa atención al riesgo operacional y, por tanto, se desaprovechen oportunidades de mejorar la última línea de resultados. Esta situación encuentra explicación, entre otras cosas, en las siguientes razones:

- Falta de entendimiento acerca de que es el riesgo operacional, sobre todo, cuando esta clase de riesgo no es aceptable. Lo habitual es que la Gerencia de empresas conozca y maneje sólo el riesgo que está relacionado con decisiones del ámbito financiero (especulativo).
- Complacencia o conformismo con los resultados de la gestión directiva; existe la creencia en las pérdidas que se informan son las únicas que ocurren.
- Creencia que los contratos de seguros que mantiene vigente la empresa cubren suficientemente los ítems de pérdidas que le afectan.
- Tolerancia inconsciente de pérdidas que por su magnitud, aunque no por su frecuencia de ocurrencia, pasan inadvertidas porque ya están incorporadas a los presupuestos de operaciones mantención.

En administración de riesgos, esta magnitud se denomina Valor Esperado de la Pérdida Unitaria (VEP), y se le calcula mediante el producto de sus factores, a saber:

$$V*E*P = C \times P$$

CONSECUENCIAS:

Es la máxima pérdida que puede tener lugar si se desencadena el incidente específico que es capaz de generar el riesgo asociado a la operación.

PROBABILIDAD:

Es la expectativa de ocurrencia relativa que posee la máxima pérdida probable,,se desencadena el suceso peligroso a partir de las causas inmediatas respectivas.

3.2 MODELO OPERATIVO PARA EL ANÁLISIS DE TAREAS CRÍTICAS

- **Seleccionar**

Para ejecutar esta etapa del modelo, es indispensable contar con un inventario de las Tareas Críticas correspondientes al proceso de producción bajo estudio.

Lo recomendable es considerar el análisis de todas las tareas incluidas en el Inventario porque son las que representan un Valor Esperado de Pérdidas (VEP) significativo, en caso que ocurran incidentes durante su ejecución, o después de haber sido ya finalizadas.

De cualquier modo, el orden de prioridades para los análisis queda determinado por la criticidad que posee cada tarea según está consignado en el inventario.

Tratándose de una tarea nueva, no incluida en el inventario, el Supervisor debiera realizar la evaluación previa de los riesgos asociados con su ejecución. Es claro que en tal caso no hay experiencia de pérdidas, por lo cual deberá tratarse mediante la técnica de escenarios de incidentes.

- **Registrar**

Esta etapa del proceso consiste en **registrar los hechos**, vale decir, el procedimiento actualmente utilizado para ejecutar la tarea.

El éxito de todo el proceso de análisis de tareas, depende de la exactitud con que se registren los hechos, puesto que servirán de base para el examen crítico y el diseño de los controles que deberán considerarse al idear el método perfeccionado. En consecuencia, es esencial que las anotaciones sean claras y concisas.

La forma corriente de registro consiste en tomar notas escritas de procedimiento observado en el terreno pero, este método no se presta para registrar cada detalle, por ínfimo que sea, de una tarea. Incluso una tarea muy sencilla puede necesitar varias páginas de escritura menuda, las cuales requerirían luego un intenso estudio antes que se puedan garantizar que se asimilaron todos los detalles.

En la actualidad se prefiere utilizar combinadamente la vídeo grabación y ciertos “instrumentos de anotación”; con ambos medios disponibles, es posible llegar a consignar con un cierto grado de detalle y precisión satisfactoria al forma de ejecución de la tarea bajo estudio.

Entre los instrumentos de registro más útiles están los gráficos y diagramas que:

- Sirven para consignar una sucesión de hechos o acontecimientos en el orden en que ocurren pero sin reproducirlos a escala.
- Registran los sucesos, también en el orden que ocurren, pero indicando su escala de tiempo, para facilitar la observación de interacciones mutuas entre sucesos relacionados.

De cualquier modo, en la etapa de registro es donde se descompone la tarea en todos los pasos que resultan críticos para su correcta ejecución. La decisión de incluir o no ciertos pasos, depende de la respuesta que se dé a la pregunta: ¿podría constituirse en un paso crítico si se hiciera en forma incorrecta?.

La experiencia demuestra que en la mayoría de los casos se necesitan alrededor de 15 pasos claves para descomponer totalmente una tarea. El juicio que aplique el supervisor al seleccionar los pasos que tomará en consideración, es determinante en el control de los riesgos asociados a la tarea.

- **Examinar**

Después de haber registrado los hechos, corresponde examinar con espíritu crítico cada paso de la tarea.

Esta es otra oportunidad para hacer participar al trabajador y obtener los beneficios de su conocimiento y experiencia.

Sin duda el mayor valor de esta etapa radica en la posibilidad de identificar y evaluar los riesgos asociados con cada paso de la tarea, vistos desde la amplia perspectiva del trabajo unificado o total.

- **Examen Sistémico**

La determinación de las exposiciones a pérdidas puede hacerse examinando cuidadosamente los cuatro subsistemas componentes de G*E*M*A.

- **Gente**

- ¿Qué contactos con fuentes de energía pueden ocurrir?
- ¿Qué errores pueden causar deterioro en los resultados de la tarea?

- **Equipo**

- ¿Qué condiciones fuera de norma presentan, o pueden presentar, los equipos que intervienen en la tarea?

- ¿Qué emergencias pueden derivarse de los equipos, con mayor probabilidad?
- ¿Cómo podrían los equipos llegar a generar el deterioro de los resultados de la tarea?

- **Materiales**

- ¿Qué clase de exposiciones a pérdidas se dan en relación con los materiales?
- ¿Cuáles son los problemas específicos que plantea el manejo de los materiales utilizados en la tarea?
- ¿Cómo podrían los materiales causar pérdidas durante la ejecución de la tarea o después de finalizada?

- **Ambiente**

- ¿Qué problemas ocasionan en la tarea las condiciones de orden y limpieza en que debe desarrollarse?
- ¿Cuánto inciden los contaminantes ambientales en la ejecución y resultados de la tarea?
- ¿Cómo podría el ambiente deteriorar la cantidad, calidad y costos de la producción?

- **La técnica del interrogatorio**

Es el medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada paso de la tarea a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

La idea es categorizar las actividades componentes de la tarea en productiva e improductivas. Todas aquellas actividades cuya utilidad pueda ponerse en tela de juicio (improductivas), serán motivo de decisiones tendientes a derivar los recursos involucrados hacia otros destinos de mayor provecho.

PROPÓSITO

¿Qué hace?

¿Por qué se hace?

¿Qué debería hacerse?

LUGAR

¿Dónde se hace?

¿Por qué se hace allí?

¿En que otro lugar podría hacerse?

¿Dónde debería hacerse?

SUCESIÓN

¿Cuándo se hace?

¿Por qué se hace en ese momento?

¿Cuándo podría hacerse?

¿Cuándo debería hacerse?

PERSONAS

¿Quién lo hace?

¿Por qué lo hace esa persona?

¿Qué otra persona podría hacerlo?

¿Quién debería hacerlo?

MEDIOS

¿Cómo se hace?

¿Por qué se hace de ese modo?

¿De qué otro modo podría hacerlo?

¿Cómo debería hacerse?

Estas preguntas, en ese orden, deben hacerse sistemáticamente cada vez que se examina el método actual, porque son la condición básica para obtener buenos resultados.

Según lo expresado, conviene reafirmar las definiciones de cada uno de los instrumentos de control más usuales:

Reglas:

Son principios, fórmulas o preceptos que se han de cumplir siempre, sin ninguna excepción, para asegurar que la tarea sea bien hecha.

Norma:

Descripción de los requisitos que debe satisfacer la ejecución de una tarea para conseguir de modo reiterativo un mismo resultado.

Procedimiento:

Descripción detallada y ordenada de cómo obrar o proceder para ejecutar correctamente una tarea.

A) Elaboración de procedimientos

La elaboración de procedimientos de operación debiera seguir el proceso básico señalado a continuación:

- **Establezca la importancia de la tarea**

Constituye el encabezado del procedimiento, el cual se incluye tanto con fines motivacionales, como para facilitar la comprensión y, consecuentemente, la retención y aceptación.

- Ejemplo:
Operación de la Grúa – Puente

El transporte y el almacenamiento de materiales depende de la celeridad y precisión con que se opere este equipo; los errores que se cometen durante la operación de la grúa pueden significar daños físicos a los trabajadores, a los equipos y los materiales, así como detenciones no programadas del proceso, problemas de calidad, o simplemente, demoras y retrasos.

- **Especifique el objetivo terminal que se persigue**

En pocas palabras se trata de expresar el resultado que debe lograrse mediante la correcta ejecución de la tarea.

- Ejemplo:

Objetivo de la operación de Grúa – Puente

Efectuar el manejo de los materiales con mínima intervención del recurso humano, tanto para surtir los puestos de trabajo, como para facilitar el almacenamiento temporal y/o definitivo de los productos.

- **Describa en detalle cada paso de la tarea (redactar)**

Enfrente del enunciado de cada paso de la tarea, se deben detallar las instrucciones de desarrollo explicando el cómo y los por qué.

La redacción debe ser positiva e indicar que hacer evitando las expresiones “no haga”.

Paso 1:

Verifique posibles desperfectos antes de iniciar las operaciones.

- Revise los niveles de aceite de ambas cajas reductoras de velocidad en los tres sistemas: puente, carro y elevador. Para hacerlo proceda como se indica a continuación.

.....

- El nivel de aceite no deberá estar más bajo que la marca color rojo ubicada en el costado derecho del indicador; si así ocurriera solicite la intervención al mecánico de mantención.
- Verifique visualmente el motor levante; en especial, revise que no haya pernos ni pasadores sueltos en el sistema de frenos. La abertura del entrehierro no debe exceder 1/8" como máximo.
- Verifique el Rotador: funcionamiento correcto; pernos de anclaje de las guías de desplazamiento de la mesa levante; estado de los cables y nivelación del carro. Verifique pernos y ganchos de los peines.

.....

- **Señale los requisitos**

La ejecución de cada paso de la tarea debe satisfacer determinados requisitos para que el objetivo terminal se logre en forma plena; esos requerimientos normativos deben estar contenidos de manera explícita en el procedimiento. Además, pueden ser destacados en la última columna del formulario.

En el texto anterior, por ejemplo, debiera señalarse tales requisitos respecto de cada una de las operaciones citadas en cada paso de la tarea:

En la verificación del normal funcionamiento del motor de ventilación forzada se debe comprobar lo siguiente:

.....

- **Enuncia los puntos clave que son obligatorios**

Las instrucciones de desarrollo contienen reglas de operación, las cuales conviene destacarlas en la +ultima columna del formulario.

- Evítese efectuar la desconexión o intervención de los controles automáticos; estos sistemas están bajo exacta calibración.

3.3 INVENTARIO DE CRITICIDAD

El concepto de inventario crítico (IC) se inicia con las funciones de la administración profesional.

PLANIFICAR

ORGANIZAR

DIRIGIR O LIDERAR

CONTROLAR

Los inventarios críticos establecen una relación entre la programación (planificar) y el establecimiento de estándares (controlar).

GEMA

El sistema EMPRESA está compuesto por cuatro elementos estructurales:

Elementos que:

GENTE

EQUIPO

MATERIAL

AMBIENTE

- Están íntimamente ligados
- Son independientes
- Actúan entre sí.

Deben funcionar armónicamente para producir resultados económicamente deseados.

Es necesario reconocer cuales son los “ITEMES CRÍTICOS” del sistema EMPRESA

INVENTARIO CRÍTICO:

Es un registro ordenado y priorizado en función del potencial de pérdidas que los ítems tienen para la empresa.

Tipos de inventario:

- De tareas
- De equipos críticos
- De materiales críticos
- De áreas críticas.

Modelo de los cuatro pasos para un inventario de ítemes críticos

- 1) Elaborar un listado de ítemes críticos.
- 2) Identificar los riesgos asociados con cada ítem
- 3) Calificar el riesgo mediante V.E.P.
- 4) Preparar el inventario de ítemes críticos.

Variables para establecer la criticidad, factores de análisis

a) CONSECUENCIA (C)

Es el nivel de gravedad que puede resultar en caso de ocurrir un incidente:

- Muerte, incapacidad permanente, incapacidad temporal, lesiones leves.
- Daños materiales a los equipos o a producción sobre un determinado monto.

b) PROBABILIDAD (P)

Es la mayor o menor tendencia a la ocurrencia de un incidente durante el desarrollo de una tarea o de la operación de un equipo.

c) EXPOSICIÓN (E)

Es el número de personas que realizan una tarea durante el período determinado o el número de veces que se ejecuta la tarea u opera el equipo en un período determinado.

Otras variables que pueden considerarse son:

- d) CERCANIA**
- e) DEMORA**
- f) INCIDENCIA**
- g) IMAGEN**

Valores Esperados de la Pérdida (V.E.P.)

Es directamente proporcional a los factores de análisis:

$$V.E.P. = C \times P \times \dots \times n$$

Consec x probabilidad

Rangos de criticidad

Los rangos de criticidad de acuerdo a las consecuencias y probabilidades planeadas que definan el VEP son:

Rango VEP	Rango de Criticidad
13 – 16	Súper crítico, dañar el gema
9 – 12	Altamente crítico
5 – 8	Moderadamente crítico
1 - 4	No crítico

Variable de criticidad

Para analizar la criticidad de los trabajos, se consideran dos variable:

- **Consecuencia(C):** Es el nivel de daño que puede provocar un incidente no deseado, ya sean éstos, accidentes, daños a las personas, incidentes, daños a los recursos materiales y/o a la producción.
- **Probabilidad (P):** Es la mayor o menor tendencia a producirse un accidente o incidente, al momento de desarrollar un trabajo específico.

Criterio usado en el estudio

- **TAREAS** (actividades desarrolladas por el hombre)

CONSECUENCIA (C)

- Muerte o la Incapacidad permanente total 4
- Incapacidad permanente 3
- Incapacidad temporal 2
- Lesiones leves 1

PROBABILIDAD (P)

- Diaria 4
- Semanal 3
- Quincenal 2
- Mensual 1

3.4 RELACIÓN DE TAREAS CRITICAS

3.4.1 Mantenimiento

		CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	V E P
1	ENCHAQUETADO DE MOLINOS DE BOLAS	4	1	4
2	PREPARACION DE TANQUES PARA COMBUSTIBLE	4	1	4
3	CAMBIO DE GRUPO ELECTROGENO ARRANQUE Y PARADA	4	3	12
4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE GRUPOS ELECTROGENOS	3	3	9
5	OPERACIÓN DE COMPRESORAS	2	4	8
6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TRACTORES	2	2	4
7	CAMBIO DE FORROS CHANCADORA CONICA	3	2	6
8	CAMBIO DE FORROS CHANCADORA DE MANDIBULAS	3	2	6
9	MANTENIMIENTO DE LAMPARAS FASER	2	3	6
10	CONSTRUCCION DE TANQUE DE CIANURACION DE 12' X 12'	4	1	4
11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARGADOR FRONTAL	2	2	4
12	MANTENIMIENTO DE MAQUINAS PERFOTRADORAS	2	4	8

3.4.2 INVENTARIO DE CRITICIDAD PLANTA DE BENEFICIO				
TAREAS	PROBAB (P)	CONSECU(C)	PC	RANGO CRITICIDAD
1 RECEPCION MINERAL	4	1	4	NO CRITICO
2 CHANCADO PRIMARIO	4	3	12	ALTAMEN CRITICO
3 CERRADO SET CHANCADORA	3	2	6	MODERADAM CRITICO
4 RECARGA DE BOLAS ACERO	3	1	3	NO CRITICO
5 ALIMENTACION CARBON CIRCUITO	2	3	6	MODERADAM CRITICO
6 DISPOCION DE RELAVES	4	1	4	NO CRITICO
7 CONTROL DE PARAMETROS METALURGICOS	4	3	12	ALTAMENT CRITICO
8 CAMBIO FORROS DE MOLINOS	1	4	4	NO CRITICO
9 COSECHA DE CARBON	2	2	4	NO CRITICO
10 PREPARACION DE CANCHA DE RELAVES	2	4	8	MODERAD CRITICO
11 RECIRCULACION SOLUCION BARREN	4	4	16	SUPER CRITICO
12 CHANCADO SECUNDARIO	4	3	12	ALTAMENT CRITICO
13 PREPARACION CIANURO DE SODIO	4	4	16	SUPER CRITICO
14 PREPARACION SODA CAUSTICA	4	4	16	SUPER CRITICO
15 CAMBIO CEDAZO CHANCADO SECUNDARIO	1	2	2	NO CRITICO
14TITULACION	4	2	8	MODERADA CRITICO
15 LIMPIEZA POZA DE SOLUCION BARREN	1	4	4	NO CRITICO
16 CONTROL DE FUGA DE CARBONES	3	4	12	ALTAMENT CRITICO
17 CERRADO SET CHANCADO PRIMARIO	3	2	6	MODERADAM CRITICO
18 MUESTREO MINERAL	4	1	4	NO CRITICO
19CAMBIO DE FAJAS DE AGITADORES	1	4	4	NO CRITICO
20 PREPARACION DEL CIRCUITO	2	4	8	MODERAD CRITICO
21 CAMBIO DE FAJAS DE BOMBA	2	3	6	MODERAD CRITICO

	CONTROLDE PARÁMETROS METALÚRGICOS.		CMCPB 07
Elaborado por: Ing. Roberto Fabián A.	Aprobado por: JEFE DE PLANTA Ing. Roberto Fabian A. – CIP 66854	Vigencia: 01-10-02 á 30-09-03	VERSION 01

I. IMPORTANCIA.

Toda planta de tratamiento, trabaja bajo condiciones previamente establecidas, y un riguroso control de sus parámetros, nos permite obtener buenos resultados de recuperación metálica.

II. OBJETIVO.

- Control eficiente de parámetros de operación.
- Normal desarrollo de las operaciones.
- Mantener los estándares de operatividad y productividad.

III. RIESGO.

- Contaminar al medio ambiente por rebose de pulpa.
- Envenenamiento por ingestión de solución con cianuro.
- Golpes en distintas partes del cuerpo.

IV. RECURSOS.

- Un operador para el control de los parámetros.
- Dos balanzas para medir densidades.
- Reservorios para preparación de reactivo
- Tres probetas graduadas
- Reactivos: nitrato de plata y ioduro de potasio.
- Pulpa de relaves.

V. PROCEDIMIENTO.

1. INSPECCIONAR EN FORMA GENERAL LAS AREAS DE TRABAJO COMO DE LOS EQUIPOS EN OPERACIÓN.

El personal encomendado para esta labor debe hacer un recorrido general por todo el área de la planta siempre luego de tomar conocimiento de cómo está dejando la guardia anterior la operatividad de la planta, de existir alguna anomalía debe corregir

inmediatamente o de lo contrario comunicar al jefe de turno sobre algún defecto no solucionado.

PRECAUCION: El personal debe utilizar todos sus implementos de seguridad y en forma constante su protector de oídos.

2. COORDINAR CON EL JEFE DE TURNO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.

El jefe de turno de acuerdo a los resultados anteriores deberá hacer un análisis de las operaciones y si es necesario deberá modificar algunas condiciones de operación, para ello debe coordinar con el operador de los posibles cambios operativos.

3. VERIFICAR EL TONELAJE Y REGULAR LA COMPUERTA DE ALIMENTACIÓN.

El control del tonelaje de alimentación digital como el manual se realizaran horariamente; para ello se dispone de un panel digital y una herramienta que logra separar 30 centímetros de faja, una muestra, la misma que es pesada en una balanza y comparada con el peso registrado en el panel.

PRECAUCION: Utilizar su equipo de protección personal, principalmente su tapón de oídos y sus guantes de cuero.

4. MEDIR DENSIDADES DE PULPA Y REGULAR FLUJO DE AGUA O SOLUCION BARREN.

Se han optado por medir las densidades de pulpa en : Las descargas de los molinos, en el rebose del clasificador, en el rebose del ciclón y en el retorno del ciclón; estas deben encuadrarse en un rango del parámetro, de ser necesario deben regularse añadiendo o mermando el flujo de agua o de solución barren preferentemente este último.

PRECAUCION: Es indispensable el uso de respectivo de sus implementos de seguridad principalmente su tapón de oídos, sus anteojos de seguridad y sus guantes de jebe.

5. CONTROLAR EL FLUJO DE REACTIVOS.

Siempre el encargado de esta operación deberá medir el flujo de alimentación de reactivos al iniciar su turno de trabajo, ello le permitirá obtener un dato, el mismo que servirá como punto de comparación para toda la guardia. Dispone para esta tarea recipientes preparados y dos probetas graduadas.

PRECAUCION: El reactivo de por sí es un riesgo por ello el operador debe estar en buenas condiciones físicas y mentales, debe utilizar sus implementos de seguridad y en todo momento principalmente sus guantes de jebe y anteojos de seguridad.

6. TOMA DE MUESTRAS HORARIAS DE PULPAS Y DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO.

Se tomarán muestras para ensayos en el laboratorio químico de tres puntos: cabeza de alimentación al molino mediante un corte en la faja y acumulando en un costal (peso aproximado por turno 30-35 Kg) y un recipiente de pulpa tanto del overflow del ciclón como de la pulpa que se evacua a la cancha de relaves, estas pulpas se acumulan las 24 horas del día en sus baldes respectivos. El muestreo se hará puntualmente a cada hora.

PRECAUCIONES: Siempre debe llevar puesto su equipo de protección personal especialmente tapones de oídos, guantes de cuero para el muestreo de mineral y guantes de jebe para el muestreo de pulpas.

7. TRASLADAR LAS MUESTRAS A LA SALA DE TITULACION.

Paralelo al muestreo para análisis químico también se hará un muestreo de un recipiente del overflow del ciclón como de la pulpa del relaves para el control de su grado de alcalinidad como para controlar el porcentaje de cianuro libre.

VI. PRECAUCIONES

- UTILIZAR TODOS SUS IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD (Casco y anteojos de seguridad, guantes de jebe, botas de jebe y respirador).
- Si hubiera alguna descarga intempestiva de pulpa fuera del cause normal realizar la limpieza inmediatamente.
- Comunicarse constantemente con el jefe de turno de alguna anomalía en todo el circuito de control como de las condiciones inseguras que podrían haber.

VII. RECOMENDACIONES

Asistir a su trabajo dentro del horario establecido de ingreso y en óptimas condiciones físicas y mentales.

Los puntos de muestreo deberán estar con las vías de acceso libres.

El orden y la limpieza deben ser puntos predominantes

	PREPARACIÓN DE LA CANCHA DE RELAVES.	CMCPB 10
Elaborado por: Ing. Néstor Palomino	Aprobado por: JEFE DE PLANTA Ing. Roberto Fabian A. – CIP 66854	Vigencia: 01-10-02 á 30-09-03
		VERSION 01

I. IMPORTANCIA.

Toda operación metalúrgica evacua residuos de tratamientos, y un lugar donde pueda acumular dichos materiales significa controlar que no se produzcan derrames a lugares exteriores y contaminen al medio ambiente.

II. OBJETIVO.

Disponer de un área suficiente donde se pueda acumular relaves de tratamiento, que cumpla con los requerimientos técnicos, de tal manera que no pueda haber riesgos de colapso y evitar la contaminación al medio ambiente.

III. RIESGOS.

Inhalación de partículas en suspensión, accidente del operador del cargador frontal por volcadura, hundimiento del cargador frontal o volcadura, contaminación del medio ambiente por colapsamiento de la presa, o filtración de solución con cianuro a la napa freática.

IV. RECURSOS.

- Un cargador frontal
- Relave húmedo y material prestado.
- Cinturón de seguridad
- Implementos de seguridad (Anteojos de seguridad, guantes de cuero, protector, respirador)

V. PROCEDIMIENTO.

1. SELECCIONAR EL MATERIAL CON EL CUAL SE VA CONSTRUIR EL DIQUE..

Se utilizan dos tipos de material, el relave propiamente y un material prestado, tenemos canchas de almacenamiento en proceso de secado y suficiente cantidad de material prestado previamente preparado para este fin.

PRECAUCION: El operador debe utilizar sus implementos de seguridad principalmente sus anteojos de seguridad para la protección de los ojos., en lo posible esta tarea hacerlo en cuanto comience la mañana.

2. SELECCIÓN DE LA ZONA PARA LA NUEVA CANCHA DE RELAVES.

En coordinación con el jefe de turno se debe señalar la nueva ubicación, considerando aspectos como: facilidad de construcción, facilidad de operación y facilidad para recircular la solución decantada.

3. VEREFICAR LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL CARGADOR FRONTAL.

El operador del cargador frontal deberá revisar las condiciones operativas del cargador frontal y reportar de inmediato cualquier anomalía que pudiera observar, por ningún motivo debe trabajar un equipo en malas condiciones.

4. CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE Y EN PARALELO SU COMPACTACION CON EL CARGADOR FRONTAL.

Se deben hacer una mezcla en una proporción de 2:1 entre relave semi-seco y material prestado para formar una especie de mortero resistente, este nuevo material formado debe llevarse al lugar seleccionado para formar el dique, paralelo al transporte el cargador debe recorrer sobre el material descargado compactando una y otra vez.

PRECAUCION: Para realizar este trabajo el operador deberá estar en buenas condiciones físicas y mentales, utilizar sus implementos de seguridad y trabajar ordenadamente.

5. CONSTRUCCIÓN DE CANCHAS AUXILIARES PARA RECUPERACIÓN DE SOLUCION CLARIFICADA. Culminada la preparación del dique, en el sector opuesto a la misma se debe hacer una cancha auxiliar pequeña donde se acumulará la solución clarificada listo para ser reciclada.

RECOMENDACIÓN.

En todo momento debe existir una comunicación con el jefe de turno, para poder dar solución a los posibles problemas que pudieran presentarse. Deben colocarse avisos de seguridad en lugares estratégicos, que adviertan el peligro del uso de las aguas del “espejo”.

	PREPARACION Y DOSIFICACION DE SODA CAUSTICA (NaOH)		CMCPB 13B
Elaborado por : Ing. William Torres León CIP 55436	Aprobado por: JEFE DE PLANTA Ing. Roberto Fabian A. – CIP 66854	Vigencia: 01-10-02 á 30-09-03	VERSION 01

I- IMPORTANCIA :

La soda cáustica o Hidroxido de Sodio (NaOH) se utiliza para controlar el pH, el cual viene a ser uno de los parámetros más significativos en el proceso de recuperación de oro.

Una preparación incorrecta de este reactivo, puede ocasionar daños al medio ambiente y lesiones a la persona. Asimismo una inadecuada dosificación nos ocasionaría pérdidas en la producción.

II- OBJETIVO :

Preparar correctamente la SODA CAUSTICA para no causar lesiones personales y daños al medio ambiente.

Dosificar adecuadamente para mantener el pH=10.5 en el proceso y evitar pérdidas.

III- RIESGO :

3.1-Contaminación del Medio Ambiente.

3.2-Lesiones originadas por el contacto o inhalación de este reactivo (muy corrosivo)

3.3-Alteración en la eficiencia de nuestras operaciones.

IV- RECURSOS :

HUMANOS : El operador (reactivista)

EQUIPO : Depósitos de : 200L (02) , agitador manual

MATERIALES : agua, hidróxido de sodio (NaOH).

V- PROCEDIMIENTO :

5.1-EQUIPARSE CON RESPIRADOR (PROTECTOR DE GASES), GUANTES DE JEBE, LENTES Y ZAPATOS DE SEGURIDAD

5.2-ABRIR LA BOLSAS DE SODA CAUSTICA

a) Colocar en posición vertical las dos bolsas que contienen c/u 25Kg de soda cáustica CERCA al depósito de disolución de la soda cáustica.

b) Cortar o romper las bolsas por la parte superior y a brirlas.

5.3-REFRANAR Y DILUIR LA SODA CAUSTICA

a) Llenar con agua el depósito (1) de preparación hasta la tercera parte de su capacidad.

b) Vaciar las dos bolsas de soda cáustica dejando el ingreso simultaneo de agua hasta llegar a 150L.

c) Mover con el agitador manual hasta disolver completamente.

5.4-DILUIR LA SODA CAUSTICA AL 25%

El depósito de soda disuelta mencionado en el paso anterior llenar con agua hasta 200L y agitar.

5.2-PREVENCIÓN :

Usar correctamente los implementos de seguridad mencionados en el paso 5.1

5.3-PREVENCIÓN:

-Uso correcto de los implementos de seguridad.

-Agitar lentamente para evitar derrames y salpicaduras a alguna parte del cuerpo.
-Mantener el orden y la limpieza.

5.4-PREVENCIÓN :

-Agitar lentamente para evitar derames
-Uso correcto del respirador, guantes de jebe y lentes de seguridad.

5.5-LLENAR EL DEPOSITO DE DOSIFICACION DE SODA CAUSTICA (NaOH AL 25%).

a) Dirigir la tubería o manguera de descarga del depósito (1) de preparación de NaOH al depósito (2) de dosificación.

b) Abrir la válvula de descarga del depósito (1) para llenar al cilindro de dosificación.

5.5-DOSIFICACION DE NaOH AL 25%

El flujo a dosificar dependerá de la característica del mineral, siendo el objetivo mantener el pH=10.5 en el ingreso de pulpa al circuito de lixiviación-adsorción.

Se debe contar con el abastecimiento de las herramientas necesarias para la medición del flujo (cucharón probeta de 100ml y reloj) y abrir ligeramente la válvula del depósito de dosificación.

Recepcionar el líquido en el cucharón por un tiempo de 10 segundos.

Con el uso de la probeta medir el volumen de reactivo recepcionado en 10 segundos.

En el inicio de operación la medida anterior debe estar en un rango de 80 a 100ml.

Según el reporte de pH medido en el muestreo que se realiza cada hora se procede a incrementar o disminuir el flujo para mantener el pH en un promedio=10.5

5.7-RETIRO DE LAS BOLSAS VACIAS DE NaOH

Al final de cada turno evacuar estos envases o bolsas vacías a la zona destinada para este tipo de desechos.

5.5-PREVENCIÓN :

-Hacer mantenimiento preventivo de tuberías y válvulas de descarga de los depósitos.

5.6-PREVENCIÓN :

-Usar adecuadamente las herramientas.

-Usar guantes de jebe

-Mantener las herramientas en buen estado.

-Colocar las herramientas utilizadas en el lugar correspondiente manteniendo el orden y la limpieza.

5.7-PREVENCIÓN :

-Usar correctamente :respirador, guantes y lentes de seguridad.

-Depositar estas envolturas en un solo lugar (destinado para este fin) para evitar daños al medio ambiente.

PREPARACION Y DOSIFICACION DE CIANURO DE SODIO (NaCN)		CMCPB 13A
Elaborado por : Ing. William Torres León CIP 55436	Aprobado por : JEFE DE PLANTA Ing. Roberto Fabian A. – CIP 66854	Vigencia: 01-10-02 a 30-09-03
		VERSION 01

I- IMPORTANCIA :

La lixiviación de oro (liberado) es posible debido a la reacción del cianuro con el oro metálico en presencia de oxígeno. La dosificación de este reactivo (NaCN) permitirá obtener la fuerza o concentración de cianuro necesaria para lograr el mayor porcentaje de lixiviación de oro.

Los errores que se cometan en la preparación de cianuro pueden significar daño al medio ambiente, envenenamiento y hasta muerte del operador. Asimismo una inadecuada dosificación ocasionará un menor porcentaje de lixiviación o pérdidas innecesarias de cianuro de sodio.

II- OBJETIVO :

Preparar y dosificar adecuadamente el CIANURO DE SODIO para evitar pérdidas y lograr el mayor porcentaje de lixiviación.

III- RIESGO :

- 3.1-Contaminación del Medio Ambiente.
- 3.2-Envenenamiento por inhalación o contacto con cianuro de sodio
- 3.3-Alteración en la eficiencia de nuestras operaciones.

IV- RECURSOS :

- HUMANOS : El operador (reactivista)
- EQUIPO : Depósitos de : 100L (02) y 1000L (01) , agitador manual, balanza, baldes.
- MATERIALES : agua, hidróxido de sodio (NaOH) al 25%, cianuro de sodio (NaCN)

V- PROCEDIMIENTO :

5.1-EQUIPARSE CON RESPIRADOR (PROTECTOR DE GASES), GUANTES DE JEBE, LENTES Y ZAPATOS DE SEGURIDAD

5.2-ABRIR EL DEPOSITO DE CIANURO DE SODIO

- a) Quitar el sello de protección de la lata.
- b) Sacar la tapa y abrir la bolsa si es que tuviese.
- c) Dejar abierto por cinco minutos.

5.3-DISOLVER EL CIANURO DE SODIO

- a) Llenar los depósitos de preparación con agua hasta el 50% de su capacidad y agregar 240mL de soda cáustica al 25% (para obtener un pH>11) y agitar (asegurarse previamente de cerrar la válvula de descarga).
- b) Llenar los baldes adaptados (con agujeros) para la preparación de cianuro de sodio hasta pesar 50Kg. de este reactivo.
- c) Colocar los dos baldes que contienen los 50 Kg de cianuro sólido dentro del depósito de preparación haciendo que queden suspendidos de las asas colocando una barra como travesaño sobre el borde del depósito.
- d) Rellenar con agua hasta tapar totalmente el cianuro contenido en los baldes.
- e) Dejar remojando hasta total disolución.
- f) Enjuagar los baldes cuidando de que el agua caiga dentro del depósito de preparación y colocarlos en el sitio señalado hasta su siguiente uso.

5.2-PREVENCIÓN :

- Ponerse a favor de la dirección del aire.
- Usar correctamente los implementos de seguridad mencionados en el paso 5.1.

5.3-PREVENCIÓN:

- Uso correcto del respirador, guantes de jebe y lentes de seguridad.
- Usar las herramientas adecuadas
- Tener la válvula de la tubería de agua al alcance para controlar y evitar derrames
- Mantener el orden y la limpieza.

5.4-DILUIR EL CIANURO DE SODIO AL 10%

- a) Dirigir la manguera o tubería de descarga del depósito de preparación (200L) al depósito de dosificación (1000L) de cianuro.
- b) Abrir la válvula hasta vaciar el contenido total del primer depósito.
- c) Rellenar con agua hasta completar 500L (incluye el contenido del cianuro disuelto en el paso anterior).
- d) Agitar manualmente.

5.4-PREVENCIÓN :

- Agitar lentamente para evitar derrames
- Uso correcto del respirador, guantes de jebe y lentes de seguridad.
- Hacer mantenimiento preventivo de las tuberías y válvulas de descarga de los depósitos de acondicionamiento.

5.5-DOSIFICACION DE NaCN AL 10%

El flujo a dosificación se va a disminuir o incrementar según sea el resultado de la muestra que se toma en cada hora para mantener la fuerza de NaCN a un promedio de 0.045% en el ingreso al circuito CIP (carbón en pulpa).

- a) Abastecerse de las herramientas necesarias para la medición del flujo (cucharón probeta de 100ml y reloj)
- b) Abrir ligeramente la válvula del depósito de dosificación.
- c) Recepcionar el líquido en el cucharón por un tiempo de 10 segundos.
- d) Con el uso de la probeta medir el volumen de reactivo recepcionado en 10 segundos.
- e) Según el reporte de la titulación de NaCN que se hace en el muestreo de cada hora se procede a: mantener, incrementar o disminuir el flujo para controlar que la fuerza de NaCN en el circuito de lixiviación-adsorción esté en un promedio de 0.045%.

5.6-RETIRO DE LOS CILINDROS VACIOS DE NaCN

Al final de cada turno y luego de enjuagarlos, evacuar estos envases vacíos a la zona destinada para este tipo de desechos.

5.7-NO REUSAR LOS CILINDROS O ENVASES DE CIANURO DE SODIO DEBIDO AL INMINENTE PELIGRO DE INTOXICACION O ENVENENAMIENTO.

5.5-PREVENCIÓN :

- Usar adecuadamente las herramientas.
- Usar guantes de jebe
- Mantener las herramientas en buen estado.
- Colocar las herramientas utilizadas en el lugar correspondiente manteniendo el orden y la limpieza.

5.6-PREVENCIÓN :

- Usar correctamente :respirador, guantes y lentes de seguridad.
- Depositar los envases en un solo lugar (destinado para este fin) para evitar daño al medio ambiente

CAPITULO IV METALURGIA

4.1 TEORÍA DE LA TRITURACIÓN Y MODELOS MATEMÁTICOS

La trituración es la reducción de tamaño de rocas grandes en fragmento pequeños. La reducción de tamaño era estudiado como una función de:

- El área de la nueva superficie de las partículas producidas.
- El volumen del material fracturado.
- El diámetro de las partículas del producto.

Experimentalmente fue observado que el tamaño de reducción, es pequeño cambio de tamaño producido era proporcional a la energía consumida por unidad de peso de las partículas y que la energía requerida para llevar a cabo el mismo cambio relativo de tamaño era inversamente proporcional a alguna función del tamaño inicial de la partícula.

La relación energía y la rotura es expresada como:

$$dE = -k dx/x^n \quad (1)$$

Las interpretaciones sobre esta relación fueron como:

Rittinger (1867) sugirió que el área de la nueva superficie producida es proporcional a la Energía consumida y puede ser comprobado que para las partículas esféricas de un diámetro dado el área de la superficie por unidad de peso es inversamente proporcional al diámetro.

$$x_1 = S_i \quad E = k (1/x_2 - 1/x_1) \quad \text{Para } n= 2$$

Kick (1885) sugirió que la misma reducción relativa es volumen es obtenida por un consumo constante de energía para una unidad de masa independientemente del tamaño original.

$$x_1 = V_1 \quad E = k \ln (x_1 / x_2) \quad \text{Para } n = 1$$

$$x_2 = V_2$$

Bond(1952)

$$E = 2. K. (1 / \sqrt{x_2} - 1 / \sqrt{x_1}) \quad \text{Para } n = 1.5$$

La constante proporcional en esta ecuación fue definida por Bond con el “Índice de Trabajo” y que actualmente es considerada como función de tamaño de partícula.

4.1.1 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LOS POSTULADOS

Las Teorías de la conminución son aproximaciones empíricas a casos determinados y no leyes de carácter general. Así en trituración se encuentra que la fórmula de Rittinger explica datos obtenidos en operación industriales. En la cual se grafican valores de energía consumida por una trituradora en función de los valores de P_{80} resultando una línea recta con pendiente -1 . Esta recta obedece la expresión:

$$E = K \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{F} \right) \quad \text{ó} \quad \log \left[\frac{E}{K} + \frac{1}{F_{80}} \right] = -\log P_{80}$$

De otro lado, se ha comprobado fehacientemente que la “Teoría de Bond” se adapta a muchos casos de molienda como lo demuestra la pendiente $-1/2$ de la recta mediante la formulación $w=w_i (10/\sqrt{p} - 10/\sqrt{F})$ es posible dimensionar molino y también trituradoras.

4.1.2 MODELOS MATEMATICOS DE LOS PROCESOS DE REDUCCION DE TAMAÑO

La aproximación mecánica a los modelos de los procesos de reducción de tamaño está basada en el reconocimiento de los hechos físicos que se producen, y se ha conseguido obtener modelos satisfactorios para la simulación. Epstein (1948) demostró que la función distribución después de n etapas en un proceso de fragmentación repetitivo, que puede ser descrito por una función de probabilidad y una función de distribución, es asintóticamente logarítmico normal, y esto está de acuerdo con unas características frecuentemente observadas en las distribuciones granulométricas de los productos triturados. Este concepto ha sido utilizado en lo que ha llegado a ser conocido como los modelos de matriz y cinético.

En el modelo de Matriz la conminución es considerada como una sucesión de etapas de facturación, siendo la alimentación a cada etapa el producto procedente de la anterior. Cuanto más largo es el período de molienda mayor es el número de etapas y la reducción alcanzada. En el modelo cinético la conminución es considerada como un proceso continuo y cuanto más largo es el período de la molienda mayor es la reducción alcanzada.

Ambos modelos se encuentran basados en los conceptos de:

- 1) Probabilidad de facturación (función selección o función del coeficiente de facturación)
- 2) Distribución granulométrica característica después de la fragmentación y esto ha sido llamado función facturación o distribución.
- 3) Movimiento diferencial de las partículas a través o fuera de un molino continuo.

4.1.2.1 MODELO DE MATRIZ

Durante un proceso de molienda las partículas de todas las gamas granulométricas tienen alguna probabilidad de ser fragmentadas y los productos de la facturación pueden caer en ese intervalo granulométrico así como en cualquier otro de granulometría menor. Podrá apreciarse que una partícula estará sometida a una menor rotura o arranques parciales que son insuficientes como para garantizar que todos sus fragmentos sean menores que el tamaño menor de la gama de tamaños originales.

Siendo mostrado como:

promedio de volumen en un proceso de reducción dimensional.

Gama

de tamaños	alimentación	producto			
1	f_1	$P_{1,1}$	0	0	0
2	f_2	$P_{2,1}$	$P_{2,2}$	0	0
3	f_3	$P_{3,1}$	$P_{3,3}$	$P_{3,3}$	0
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
$n + 1$	f_{n+1}	$P_{n+1,1}$	$P_{n+1,2}$	$P_{n+1,3}$	$P_{n+1,n+1}$

$$\sum_1^{n+1} f_i \text{ Representa el peso total de Alimentación F.}$$

El elemento $P_{i,j}$ en el conjunto que representa a los productos de la fragmentación, puede también expresarse por $P_{i,j} = (x_{ij}) (f_i)$

X_i ; representa la fracción en peso de las partículas de la gama granulométrica j de la alimentación, que a su vez en la gama granulométrica i del producto.

Producto de un proceso de reducción de tamaño expresado en términos de la alimentación.

$x_{1,1} \cdot f_1$	0	0	0
$x_{2,1} \cdot f_1$	$x_{2,1} \cdot f_2$	0	0
$x_{3,1} \cdot f_1$	$x_{3,2} \cdot f_2$	$x_{3,3} \cdot f_3$	0
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$x_{n,1} \cdot f_1$	$x_{n,2} \cdot f_2$	$x_{n,3} \cdot f_3$	$x_{n,n} \cdot f_n$

4.1.2.2 El Modelo Cinético

La formulación de los modelos, la conminución es considerada como un proceso porcentual. Los modelos cinéticos han sido expresado en términos de funciones continuas y como de distribuciones normales.

La ecuación básica que define el coeficiente de fragmentación de las partículas ha sido proporcionada por Loveday (1967) como ecuación simple de primer orden.

$$dw(D) / dt = k(D) \cdot w(D)$$

Donde:

$W(D)$ = Peso de partículas de tamaño D

$K(D)$ = Constante para tamaño D .

4.2 CLASIFICACIÓN

La clasificación es la separación de los componentes de una mezcla de partículas en dos o más fracciones de acuerdo a su tamaño. Siendo cada grupo obtenido más uniforme en esta propiedad que la mezcla original.

La clasificación es en algunos casos una operación primordial especialmente cuando el producto tiene especificaciones estrictas de tamaño. En otros casos, ella es una operación auxiliar de la molienda y es aquí donde se encuentra su aplicación más importante en la industria minera metalúrgica. Se habla de la operación de Molienda en circuito cerrado donde los objetivos de la clasificación son hacer más eficiente la Molienda y asegurar que el producto de la operación esté bajo un determinado tamaño recirculando al molino las partículas mayores.

Hay varias ventajas en operar la Molienda en circuito cerrado, en comparación igual a un circuito abierto, esto es, sin incluir una etapa de clasificación. La principal ventaja es que una porción significativa del material que ya está suficientemente fino es removido del molino evitando la sobre molienda. El circuito produce un material con una curva granulométrica de Schumann más empinada (menos cantidad de finos) a medida que el grado de recirculación aumenta. La eliminación parcial del material fino puede también reducir el efecto de "Desaceleración" de la Molienda causado por la acumulación de finos en el molino, los que producen un efecto de colchón en la molienda seca o un aumento de la viscosidad de la pulpa en la molienda. Por otra parte, hay evidencia que mucha recirculación del material al molino causa sobrellenado de éste, de manera que existe un valor óptimo de recirculación.

En general la energía específica para moler hasta un tamaño determinado es menor para la molienda en circuito cerrado. El uso de recirculación permite además una mayor estabilidad de la operación, especialmente para molinos de descarga por parrilla.

4.2.1 SIMULACION MATEMATICA DE LOS CIRCUITOS EN FUNCIONAMIENTO

La información sobre cualquier circuito de tratamiento de minerales, tales como el rendimiento metalúrgico o los valores de los parámetros en los modelos de simulación de las unidades de proceso de circuito, requieren información sobre los caudales y composiciones de los flujos que entran y salen del circuito.

En la mayoría de los circuitos las medidas de caudal se realizan en la alimentación y productos y ocasionalmente en uno o dos de los flujos internos. Los coeficientes de caudal de los flujos restantes se calculan a partir de otras características analizadas, tales como ensayos de distribución granulométricas de nuestras recogidas en puntos apropiados. La investigación sobre el rendimiento del circuito utilizado las técnicas de simulación requiere:

- 1) Cálculo del Balance de Materia
- 2) Cálculo de los parámetros del modelo a partir de un conjunto de datos completos de la planta.
- 3) Simulación = del circuito es un computador seguida por estudios de optimización.

4.2.1.1 CALCULO DE BALANCE DE MATERIALES

- a) Cálculo del caudal a partir de un solo componente en cada flujo.

$$\begin{array}{ll} A = B + C & A, B, C = \text{caudales} \\ A_{a1} = Bb + Cc & a,b,c = \% \text{ Pesos (Análisis granulométricos)} \end{array}$$

$$\text{Si : } \beta = B / A \Rightarrow$$

$$a_i = \beta b_i + (1 - \beta) c_i \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \frac{a_i - c_i}{b_i - c_i} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Solamente la forma muy simple la ecuación (1) permite la sencilla solución que se ofrece en la Ecuación (2). Los casos mas complejos requieren métodos de soluciones más complejos.

Considerar la Ecuación (1) para cualquier estimación de β_0 del valor verdadero valor β . si el estimado no coincide con el verdadero valor, el Balance de materiales no sumará cero, sino defirirá en una cantidad o error Δ_i en cada componente:

$$\Delta_i = a_i - \beta_0 b_i - (1 - \beta_0) c_i$$

La gama de estimados razonables de β es desde cero a aquel que genere errores que van desde $(a_i - c_i)$ a $(a_i - b_i)$. El valor de β a error cero se da por la ecuación 1 como antes.

Alternativamente se puede considerar el cuadrado de error:

$$\Delta_i^2 = [a_i - \beta_0 b_i - (1 - \beta_0) c_i]^2$$

El valor de β es hallado en el punto de contacto de la curva con el Eje β_0 . Más importante aun β puede encontrarse a partir de un mínimo o punto de pendiente cero de las funciones del error al cuadrado.

El método más simple para encontrar este mínimo es diferenciado con respecto de β y buscar la solución para el punto dependiente cero.

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \sum \Delta_i^2 = 2 \sum [a_i - \beta b_i - (1 - \beta) c_i] * (-b_i + c_i) = 0 \quad \text{al mínimo}$$

$$y \quad \bar{\beta} = \sum (a_i - c_i) (b_i - c_i) / \sum (b_i - c_i)^2$$

β se designa ahora como $\hat{\beta}$ y es un estimado de mejor ajuste del verdadero valor β basado en la menor suma de cuadrados de errores aparentes en el Balance Ponderal.

4.2.1.2 REAJUSTE DE DATOS POR EL METODO DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE

El método es utilizado para simplificar los problemas máximos o mínimos que están sometidos a condiciones o restricciones.

Las condiciones se expresan de tal forma que se igualan a cero.

$$0 = -\Delta i - \Delta a_i + \beta \Delta b_i + (1 - \beta) \Delta c_i$$

Esta suma de cuadrados para ser mínima se modifica. Se añade cada una de estas ecuaciones condicionales multiplicada por un multiplicador de Lagrange: esto es:

$$S_m = S - \sum_i \lambda_j$$

Podrá apreciarse que este ensayo es válido incluso si un componente tiene más de una condición sobre él. Como ocurre en un circuito más complejo.

$$S_m = \Delta a_1^2 + \Delta b_1^2 + \Delta c^2 + 2\lambda_1[-\Delta i - \Delta a_i + \beta \Delta b_i + (1 - \beta) \Delta c_i]$$

La suma modificada es entonces diferencial con respecto a cada una de las incógnitas (residuales y multiplicadores) y los multiplicadores de la Lagrange se usan para sustituir a los residuos, reduciendo así el cálculo requerido:

$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta a_i} = \Delta a_i - 2\lambda_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a_i = \lambda_1$$

$$\text{Similar, } \Delta b_i = -\beta \lambda_1 \quad \text{y} \quad \Delta c_i = -(1 - \beta) \lambda_1$$

$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta \lambda_i} = 2[\Delta i - \Delta a_i + \beta \Delta b_i + (1 - \beta) \Delta c_i] = 0$$

Sustituyendo para Δa_i , Δb_i , Δc_i

$$\Delta i = \lambda(1 + \beta^2 + (1 - \beta)^2)$$

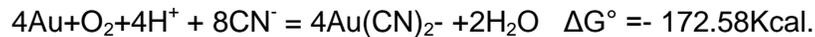
4.3 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA CIANURACIÓN DEL ORO

4.3.1 FISICO QUIMICA DE LA CIANURACION DEL ORO

Es bien conocido y termodinámicamente probado que el oxígeno no oxida al oro en un ambiente normal.



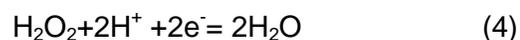
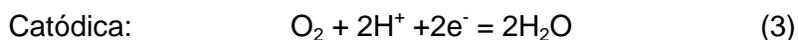
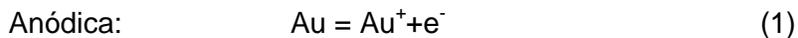
Pero en presencia de iones cianuro, el oro es fácilmente soluble, ocurriendo la formación de un complejo de cianuro de oro estable.



Boonstra y Thompson propusieron modelos electroquímicos en los cuales el oro se disuelve totalmente en los sitios anódicos. Mientras que el oxígeno es reducido en sitios catódicos. El flujo de corriente entre los sitios netos catódicos y los sitios netos anódicos se da de acuerdo a las reacciones anódicas y catódicas.

La disolución del oro en solución de cianuro es electroquímico por naturaleza, ocurre por corrosión, donde el oxígeno provee el electrodo catódico y el oro el electrodo anódico. La diferencia de la concentración de oxígeno en la cátodo y el ánodo provee la fuerza de mando para el proceso de corrosión.

Las reacciones anódicas y catódicas son:



La descarga de H_2O_2 (ecuación 4) es una reacción muy lenta, por lo que conduce a una acumulación del compuesto intermediario H_2O_2 en la solución.

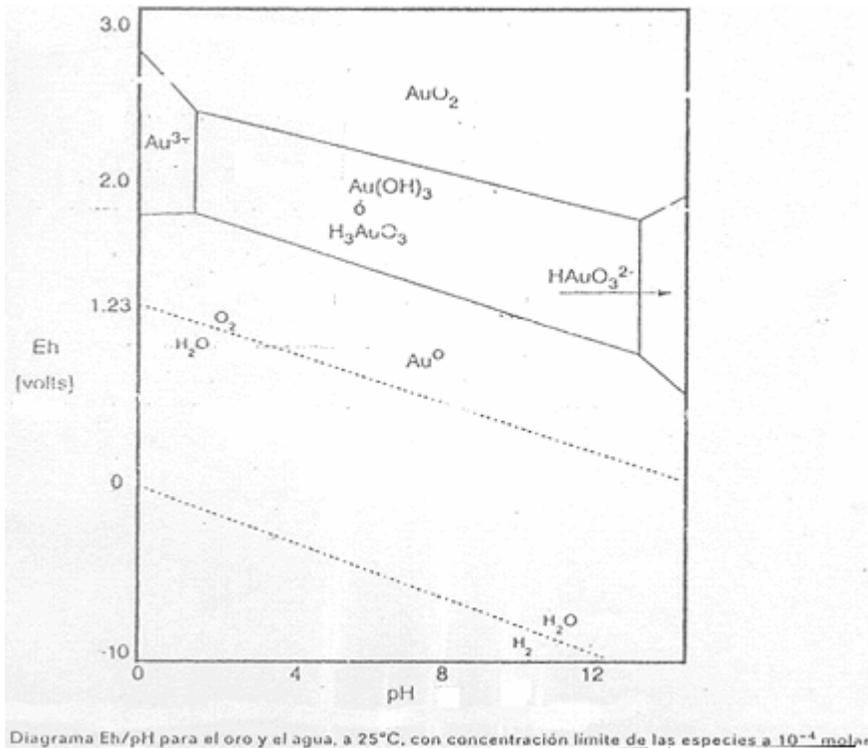


Ilustración 4.1 Eh/pH para el oro y el agua(E.Domic)

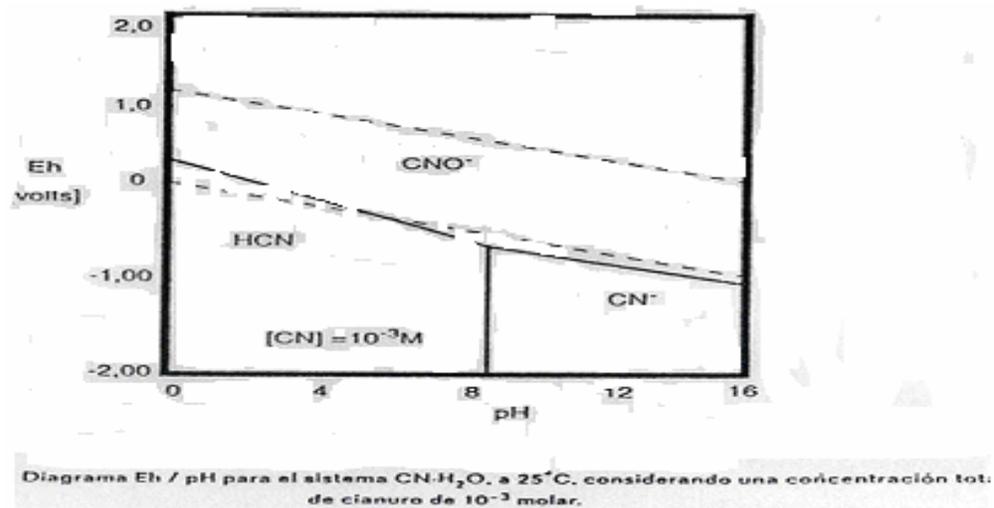
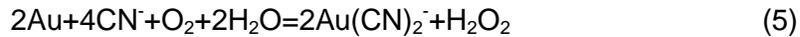


Ilustración 4.2 Eh/Ph de sistema $\text{CN},\text{H}_2\text{O}$ (E. Domic)

Habashi demostró que el proceso de disolución del oro por el cianuro es de naturaleza electroquímica con una reacción global principal:



4.3.2 CINÉTICA DE LA REACCIÓN:

Anteriormente otros investigadores demostraron que la cinética de cianuración del oro y de la plata, en ambos casos, es controlada por la difusión. La rapidez de la reacción dependerá de la difusión en la capa acuosa de los iones cianuro hacia el área anódica debido a la alta concentración de oxígeno, y de la difusión del oxígeno hacia el área catódica a causa de la alta concentración de cianuro.

Como el tiempo en el cual se lleva a efecto la reacción es en gran parte el de la etapa de menor velocidad (conocida como etapa controlante), es necesario identificar ésta para poder incrementar su rapidez.

Una reacción físico química en la cual se hallan involucrados una fase sólida y otra acuosa se consume en las etapas siguientes:

1. Difusión de los reactantes desde la solución hasta la interfase sólido-líquido.
2. Adsorción de los reactantes en la superficie del sólido.
3. Reacción en la superficie
4. Desorción de los productos de la reacción de la superficie del sólido.
5. Difusión de estos productos de la interfase sólido-líquido a la solución.

El tiempo que emplean las etapas 1 y 5 es controlado por las velocidades de difusión; mientras que las etapas 2, 3 y 4 están controladas por la rapidez de los procesos químicos. Por lo tanto, si la difusión es muy lenta una mayor agitación permitirá acelerar la reacción, y si esta es retardada por los procesos químicos se debe incrementar la temperatura.

La cianuración está gobernada por las leyes de Fick que se encuentran expresadas matemáticamente de la siguiente manera:

Área Catódica:

$$d[O_2]/dt = (D_{O_2} A_1 / \delta) [O_2] - [O_2]_s \quad (6)$$

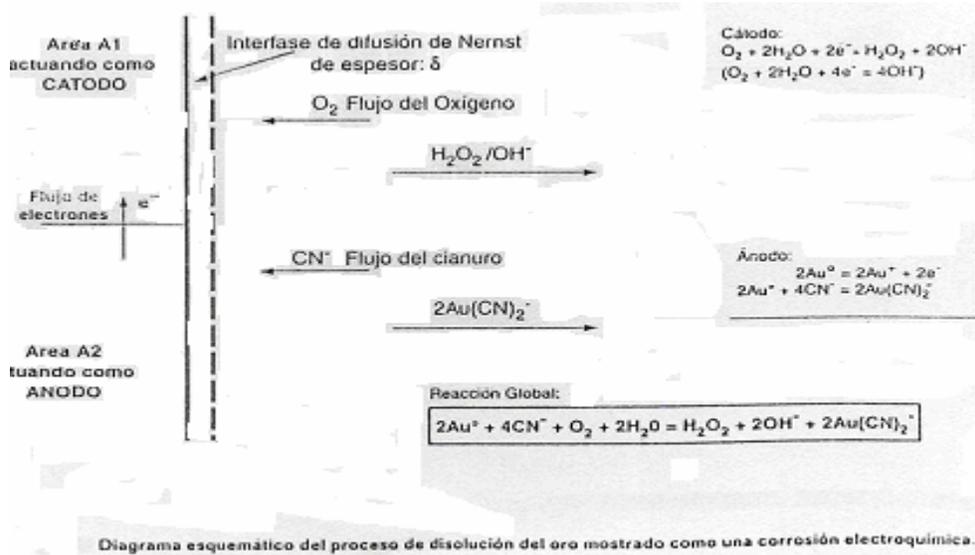


Ilustración 4.3 proceso de disolución del oro (E. Domic)

Área Anódica:

$$d[CN]/dt = D_{CN} A_2 / \delta [CN] - [CN]_s \quad (7)$$

Donde:

- $D[O_2]/dt$ y $d[CN]/dt$: Son las velocidades de difusión del O_2 y CN respectivamente en (mol/s)
- D_{O_2} y D_{CN} : Son los coeficientes de difusión en cm^2/s
- A_1 y A_2 : Son las superficies catódicas y anódicas sobre las cuales se lleva a cabo la reacción en cm^2
- Δ : Es el ancho de la capa límite de Nernst en cm.
- $[O_2]$ y $[CN]$: Son las concentraciones de oxígeno y cianuro en la solución en mol/ml.
- $[O_2]_s$ y $[CN]_s$: Son las concentraciones sobre la superficie de la reacción.

Si se considera que la velocidad de difusión de la fase acuosa a la interfase sea máxima, entonces las concentraciones de $[O_2]_s$ y $[CN]_s$ se harán muy pequeñas, es decir serán

despreciables con respecto a las concentraciones de $[O_2]$ y $[CN]$. Por lo que de las ecuaciones (6) y (7) se obtiene:

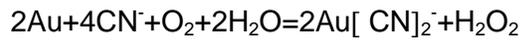
Área Catódica:

$$d[O_2]/dt = d_{O_2} A_1 / \delta [[O_2] - [O_2]_5] \quad (8)$$

Área Anódica:

$$d[CN]/dt = D_{CN} A_2 / \delta [[CN] - [CN]_5] \quad (9)$$

De la ecuación (5):



Por estequiometría, se tiene que:

$$V_r = -d[Au]/2dt = -[CN]/4dt = -[O_2]/dt \quad (10)$$

Por lo que la velocidad de disolución del metal (v) es dos veces la del oxígeno y solo la mitad de la del cianuro.

$$V = d/dt = 2d[O_2]/dt = d[CN]/dt \quad (11)$$

Reemplazando las ecuaciones (8) y (9) en (11), se obtiene:

$$V = [2 d_{O_2} A_1 / \delta [O_2]] = -D_{CN} A_2 / \delta [CN] \quad (12)$$

Teniendo en cuenta que el área total $A = A_1 + A_2$ se tiene que $A_2 = A - A_1$ reemplazando en la ecuación (12):

$$V = [2 D_{O_2} A_1 / \delta [O_2]] = [-D_{CN} [A - A_1] / \delta [CN]] \quad (13)$$

Despejando:

$$A_1 = \frac{D_{CN} A (CN)}{D_{CN} (CN) + 4D_{O_2} (O_2)} \quad (14)$$

Reemplazando (14) en (12) y resolviendo el sistema de ecuaciones se deduce que la velocidad de cianuración es:

$$V = \frac{2AD_{CN}D_{O_2}(CN)(O_2)}{\delta D_{CN}(CN) + 4D_{O_2}(O_2)} \quad (15)$$

Esta ecuación obtenida debe considerar dos posibilidades:

Si las concentraciones de cianuro son altas, la velocidad de la reacción es controlada por la difusión de oxígeno a través de la capa de Nerst, hecho que ha sido comprobado experimentalmente.

$$V=2D_{O_2}A/\delta [O_2]=K_1 [O_2] \quad (16)$$

Si las concentraciones de cianuro son bajas, la velocidad de la reacción es controlada por la concentración del cianuro. Los experimentos han corroborado esta previsión teórica.

$$V=.D_{CN}A/\delta [CN]=K_2 [CN] \quad (17)$$

Igualando (16) y (17) se obtiene:

$$D_{CN}[CN]=4D_{O_2}[O_2] \quad (18)$$

Como $D_{O_2}=2.76 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$. y $D_{CN} = 1.83 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$.

Obtenemos la condición que puede constituir un límite:

$$[CN] / [O_2] = 6 \quad (19)$$

Los valores experimentales de esta relación se hallan entre 4.5 y 7.5.

4.3.3 VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN

TAMAÑO DEL GRANO

Dependiendo del método de cianuración a emplear, el tamaño de grano del metal preciosos influye en su recuperación. Cuando la mena contiene oro grueso libre, la práctica común es recuperarlo mediante procesos gravimétricos antes de la cianuración, ya que estos podrían no disolverse en el tiempo disponible de lixiviación.

CONCENTRACIÓN DE CIANURACIÓN

La solubilidad de oro aumenta al pasar de soluciones diluidas a concentradas. Ésta es muy baja cuando las soluciones contienen 0.005% de NaCN libre, creciendo rápidamente

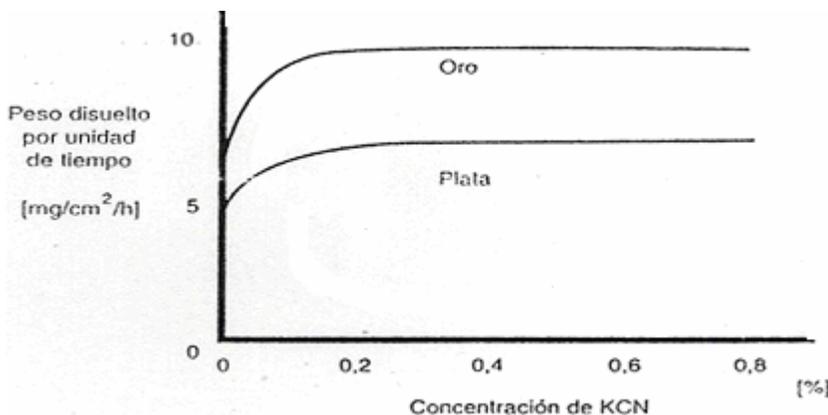


Ilustración 4.4 Disolución de Au y Ag(E. Domic)

cuando contiene 0.010%; después sigue lentamente y llega a su máximo cuando la concentración de NaCN libre supera el 0.25%. La solubilidad a 0.01% es 10 veces mayor que a 0.005%, y la mitad que 0.25%. Por supuesto la concentración de cianuro en el proceso dependerá del tipo de mena aurífera tratada y los agentes que pueden estar presente en ellas.

CONCENTRACIÓN DE OXIGENO

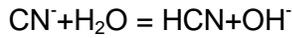
El oxígeno o alguna sustancia es necesaria para ayudar la acción disolvente del cianuro de sodio, ya que según se ha visto en la ecuación de Elsner el oxígeno se une al hidrógeno que podría ser liberado disminuyendo así las pérdidas de cianuro en forma de ácido cianhídrico.

La descomposición del NaCN es facilitada por la afinidad de sodio por el oxígeno, con lo cual queda libre el CN naciente para unirse al oro. El más importante efecto de la extra aeración de la solución, es disminuir el consumo de cianuro. La proporción de disolución de oro con el cianuro crece con la cantidad de oxígeno presente. Para suministrar el oxígeno necesario se aplican diferentes técnicas de adición de aire u oxidantes.

ALCALINIDAD PROTECTORA

Los factores que determinan la importancia del empleo de CaO en la cianuración son los siguientes:

La adición de CaO elevando el pH a niveles mayores a 10.0 impide la pérdida de cianuro por hidrólisis:

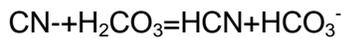


De esta reacción se dedujo:

$$\text{pH} = 9.22 + \log \left[\frac{\text{CN}^-}{\text{HCN}} \right]$$

Que indica que la formación de ácido cianhídrico ocurre por debajo de pH 9.22.

Evita la pérdida de cianuro por acción de CO_2 del aire:



La cal neutraliza el ácido carbónico formado produciendo carbonato de calcio, el cual es inerte en el proceso.

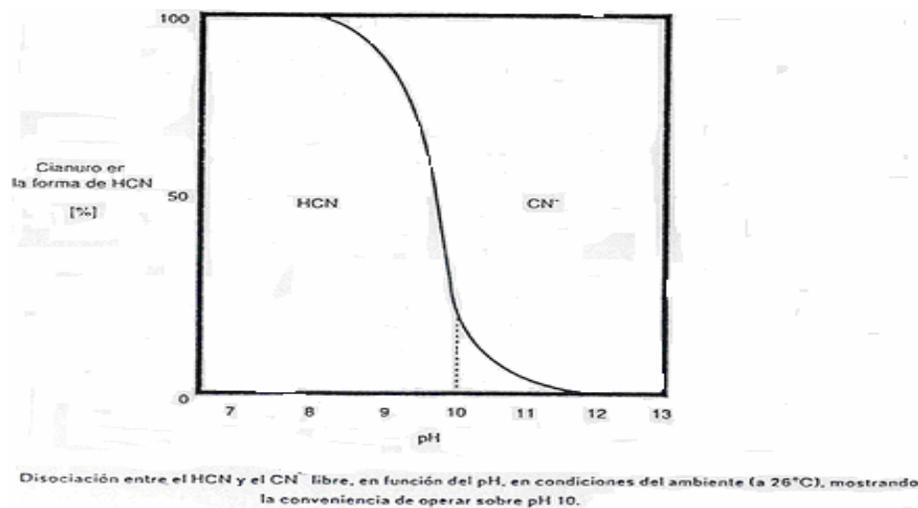
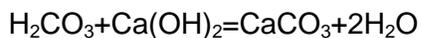


Ilustración 4.5 Cianuro libre y el pH (E. Domic)



Descompone los bicarbonatos presentes en el agua que será empleada en la cianuración.

Neutraliza los compuestos ácidos tales como sales férricas, sulfato de magnesio, etc. que acompañan al agua de proceso; los compuestos ácidos de la mena y los compuestos ácidos resultantes de la cianuración.

Ayuda a la sedimentación de partículas finas en suspensión. Actúa como depresor de lamas.

DILUCIÓN DE PULPA

Para el caso del método de lixiviación por agitación, la relación líquido a sólido en la pulpa debe ser adecuada para permitir un mayor contacto partícula-cianuro, y permita facilidad en la operación.

TEMPERATURA

La elevación de la temperatura facilita la acción del cianuro hasta cierto límite, incrementando la disolución del oro. Por otro lado a mayor temperatura disminuye el contenido de O_2 disuelto en la solución. La experiencia ha determinado que más allá de los $85^\circ C$ la solubilidad del oro en la solución de cianuro a 0.25% declina.

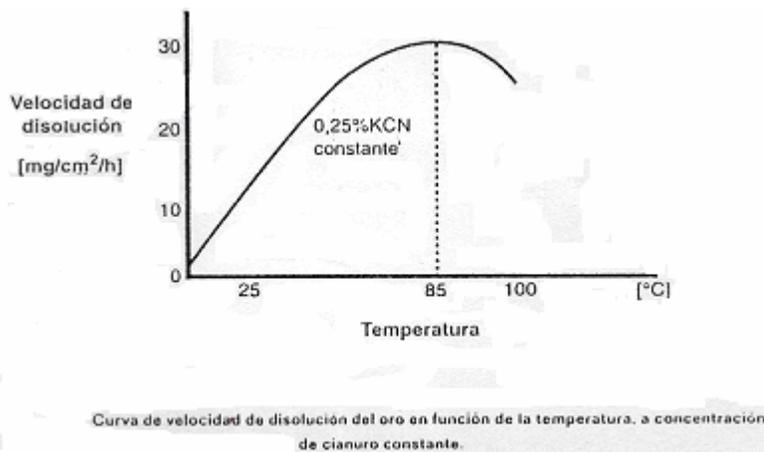


Ilustración 4.6 disolución de oro en función de la temperatura(E. Domic)

PRESENCIA DE IMPUREZAS

La presencia de elementos consumidores de cianuro en la disolución de oro ocasionan una pérdida del mismo por la formación de complejos estables de cianuro y consecuentemente producirá una disminución en la eficiencia de la cianuración de oro; así tenemos elementos tales como el cobre, el zinc, el hierro, el arsénico, el antimonio, el mercurio, etc.

El Hierro: Las soluciones de cianuro tienen poco efecto o reaccionan débilmente con el hierro metálico y con la mayoría de sus minerales, de otro modo el proceso de cianuración sería impracticable. Algunas sales de hierro son solubles y reaccionan con el cianuro formando complejos ferrocianuros y ferrocianuros causando consumo de oxígeno y cianuro, así pues los minerales de pirita, marcasita y pirrotita son oxidados a sulfatos solubles consumiendo el oxígeno de la solución, los cuales reaccionan posteriormente con el cianuro libre. Los minerales oxidados de hierro tales como hematita, la magnetita, la limonita, la siderita y minerales silicosos no son atacados por soluciones de cianuro y su presencia no representa ningún tipo de problema en la lixiviación.

El Zinc: La esfalerita por el cianuro también muy lentamente por lo que su efecto sobre la disolución del oro es menos pronunciado que el de cobre.

El Cobre: Casi la totalidad de minerales de cobre son solubles en soluciones de cianuro, siendo los más nocivos ya que consumen cianuro libre y retardan la disolución del metal precioso. Es importante indicar que la alcalinidad no protege al cianuro de la acción cianicida del cobre. Forma el compuesto $\text{Cu}(\text{CN})_2$ que con el calor y el tiempo se descompone para formar CuCN , el cual es un cianicida insoluble en agua. En forma de carbonatos, el cobre es fácilmente disuelto con el cianuro, siendo el carbonato de cobre un cianicida muy enérgico. La calcosita, la bornita, la covelita, la enargita, la azurita, la malaquita, la cuprita, la tenorita y el cobre metálico son también fácilmente atacados por el cianuro; si están presentes en proporciones que excedan el 0.3% Cu, es conveniente eliminarlos por flotación o lixiviación ácida, La calcoprita, la Tetraedrita y la cricicola son atacados con menos facilidad por el cianuro, pero conviene eliminarlas si excede del límite de 0.3% Cu.

El Arsénico y el Antimonio: Los minerales de oro y plata que contienen sulfuros de arsénico y antimonio tales como el oropimente, el rejalgar la estibina y la arsenopirita generalmente son muy difíciles y a veces imposibles de cianurar. Esto se debe a que parte del arsénico y de antimonio se disuelven con el cianuro formando complejos compuestos de acción reductora que retarda o inhibe la disolución de oro.

Materia Carbonácea: La presencia de materia carbonácea en el mineral ocasiona una precipitación prematura del oro disuelto y por consiguiente extracciones bajas. Entre ellos tenemos el grafito, restos orgánicos etc.

4.4 ADSORCION CON CARBON ACTIVADO

4.4.1 Etapas del Proceso de Carbón Activado Aplicado al Oro

El proceso de CA se usa en la actualidad en Hidrometalurgia casi exclusivamente para la recuperación del oro, y también de la plata, desde soluciones cianuradas de lixiviación de minerales. Aunque al comienzo se quemaba el carbón para recuperar el oro, en la actualidad las etapas del proceso comprenden, además de la etapa de carga, o absorción, una etapa de elución, o desorción y una etapa de regeneración de las capacidades absorbentes del carbón para si reutilizarlo.

Las soluciones de cianuración pueden provenir de operaciones de lixiviación de minerales de oro en pilas. En este caso, las soluciones probablemente serán claras y la carga del carbón se puede hacer en contracorriente a través de varias columnas de carbón. Para el manejo del carbón y su contacto con las soluciones se han usado los esquemas de columnas (o unidades independientes) de carbón en lecho fijo o de carbón en lecho fluidizado. Para usar un lecho fijo debe tenerse soluciones absolutamente limpias. Para los efectos del diseño de equipos y configuración entre ellos, se ha optado por copiar la tecnología y diseños desarrollados en el proceso de intercambio iónico con resinas sólidas, usando varias columnas que van cambiando de posición desde el punto de vista del proceso (mediante simple ajuste o cambio de posición de válvulas) a medida que van avanzando con su carga en el circuito.

Estas mismas columnas son usadas para las diversas etapas que comprende el proceso de CA. Así mediante un simple cambio de válvulas en la alimentación de la salida, la misma unidad va secuencial mente siendo desplazada de la posición de última columna

en la proporción en serie (en que normalmente existen varias columnas que entran en contracorriente al sentido de ingreso de las soluciones), a la siguiente de la serie: hasta llegar a ser la primera. Luego deja la absorción y pasa a la posición de lavado, seguidamente entra a la desorción (que también puede ser en serie y en contracorriente) y, finalmente pasa a la posición del último lavado. Después de ese punto el carbón es sometido al proceso de regeneración térmica y, a veces también a acondicionamiento químico, desde donde vuelve a entrar al circuito de adsorción, de la misma manera ya indicada, repitiéndose el ciclo.

Si las soluciones vienen de una lixiviación en pilas hay una alta probabilidad que sean soluciones claras y consecuentemente pueden alimentarse directamente a columnas de lecho fijo, sin necesidad de una etapa previa de separación sólido – líquido. En las columnas de lecho fijo, una misma cantidad de carbón requiere de menor número de unidades en operación, o bien en unidades bastante más pequeñas. Si las soluciones provienen de una lixiviación por agitación, está la opción de una buena separación sólido líquido vía espesadores y filtros, que permite pasar con soluciones claras a una recuperación del otro usando carbón en columnas.

Cuando esa separación sólido – líquido se quiere diferir hacia el final del tratamiento del mineral, donde no está crítica, se ha desarrollado el método de “carbón en pulpa” en que el carbón se contacta directamente con la pulpa, de mineral y solución, removiendo el carbón que se elige para que sea de granulometría mayor desde cada etapa con un harnero, de malla suficiente como para sujetarlo, pero que deja pasar la pulpa a objeto de hacer avanzar el carbón, en contracorriente, a través de unas 4 a 6 etapas de contacto.

Para este propósito se prefiere usar harneros estacionarios para disminuir la elaboración de los carbones. Los harneros tienen tendencia a bloquearse, lo que se evita mediante burbujeo de aire. El avance de la pulpa se hace por air-lifts, o bien con bombas de pulpa. A seguir con la pulpa hasta el final, el agua se pierde en su totalidad incluyendo el cianuro libre residual. Para evitarlo, se usa un espesador para las colas que así se descartan con una baja humedad.

Una ventaja a ese esquema de tratamiento de carbón en pulpa consiste en agregar el carbón durante la lixiviación, variante que se usa en el propio mineral existen compuestos

orgánicos carbónicos que reatrapan (preg-robbing) el oro apenas éste es lixiviado (caso de minerales del tipo presente en Carlin, Nevada). Se trata entonces de evitar esas pérdidas mediante la acción del carbón en el mismo momento en que el oro es disuelto. Este esquema se conoce “carbón en lixiviación”(carbon – in leach).

4.4.2 MECANISMOS DE LA ETAPA DE CARGA DEL CARBÓN O ADSORCIÓN

En las primeras aplicaciones del proceso de CA el oro se lixiviaba desde sus minerales mediante soluciones clorhídricas. En efecto, el carbón, se usó primero para recuperar oro desde los procesos de cloración en 1880. Esta operación de lixiviación con ácido clorhídrico está hoy restringida sólo a algunas aplicaciones muy especiales, por ejemplo en la refinación de metales nobles o de otras fuentes de materiales secundarios en general, productos del reciclaje en la industria electrónica – conteniendo metales preciosos. En todo caso, cuando proviene de una solución clorhídrica, en la etapa de carga del carbón se ha observado que el oro es absorbido como oro metálico, en donde el ion $AuCl_4$ es reducido en la superficie del carbón para luego emigrar como Au hasta el interior. La reducción del ion $AuCl_4$ en la superficie del carbón resultaba muy evidente, en la forma de un recubrimiento de oro visible.

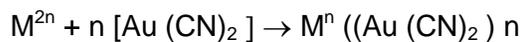
Sin embargo, en la actualidad la gran mayoría de las operaciones de lixiviación desde minerales de oro y plata es de tipo alcalina con cianuro. A semejanza del caso del complejo de $AuCl_4$ que era visiblemente reducido hasta llegar a obtener Au sobre la superficie del carbón, en el caso del oro cianurado también se buscó dicho efecto reductor, aunque no se tuvo éxito ni se detectó oro visible. En 1909 Brussow mostró que el oro recuperando en carbones desde una solución de cloruro de era soluble en agua regia, bromo y cloro, pero el otro depositado desde soluciones cianuradas no era soluble en esas condiciones.

Prontamente se surgió que se había absorbido el complejo $(Na Au(CN)_2)_1, 0$ que se había formado $Ca(Au(CN)_2)_2$ sobre la superficie del carbón, ya que contiene calcio. Se propusieron diversas variaciones sobre la forma de precipitación del AuCN o AgCN en el carbón. También se mencionaron fuerzas electrostáticas Davidson encontró que se podían lograr isotermas de adsorción reproducibles solamente en un sistema tamponado y postuló la comparecencia de un “ion presente” como necesario para estabilizar la

adsorción. En síntesis G.I. Mc Dougall resumió las posibles teorías sobre el mecanismo de adsorción de cianuro de oro sobre carbón activado, de esta manera.

- i) el oro está presente como un ion aurocianuro, $[\text{Au}(\text{CN})_2]$
- ii) el oro está presente como otro compuesto distinto al aurocianuro;
- iii) el oro es reducido a oro metálico, Au

Indudablemente, se fue ganando mas conocimiento cuando se realizaron estudios mas básico y así se pudo descartar las alternativas ii) y iii) En el caso de provenir de soluciones cianurables, los estudios han concluido que es el complejo de aurocianuro el que se absorbe, muy probablemente, sea en una o en dos etapas. En caso de ser una etapa, la reacción estaría representada por la siguiente ecuación general en que M puede ser cualquier catión:



- i) la primera sería una adsorción del aurocianuro de sodio ($\text{Na Au} (\text{CN})_2$)
- ii) para luego quedar sólo el anión aurocianuro ($\text{Au}(\text{CN})_2$) acompañado de su catión, pero este se ubica en otro sitio activo.

La limitante en la absorción de oro depende de la siguiente serie de cationes presentes. $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^2 > \text{H}^+ > \text{Li} > \text{Na}^+ > \text{K}$. Así el complejo de aurocianuro de calcio es el que más fuertemente se adhiere al carbón y el de potasio es el más fuertemente se adhiere al carbón y el de potasio es el mas débil. Por lo tanto, la adsorción se favorece mucho mas en presencia de iones de cloruro de calcio. CaCl_2 , que en presencia de iones de cloruro de potasio KCL. También la adsorción se ve favorecida a pH bajos.

El anión del cianuro libre CN compite fuertemente por ubicarse en los sitios activos. Basado en esta evidencia es que se puede usarse para eluir el carbón cargado, usando altas concentraciones de cianuro.

El carbón es altamente selectivo por el oro y la plata. Se aconseja no sobrepasar 150 onzas de oro mas plata (Au+Ag) por tonelada de carbón, o sea unos 4500 g/ton. Si se excede ese valor empírico puede ocurrir un desplazamiento de la plata por parte del oro, al competir entre ellos.

Los complejos neutros de cianuro como, por ejemplo el $\text{Hg}(\text{CN})_2$ se absorben muy fuertemente e independientemente de la carga iónica total del sistema . El mercurio es un metal que puede causar problemas, pues sigue la misma química del oro y se absorbe con facilidad y gran fuerza. Puede implicar un cambio de diseño del proceso y/o de los equipos para adecuarse a las restricciones de higiene industrial impuestas por el manejo de mercurio.

No se han detectado envenenamientos permanentes del carbón. Se ha dicho que el telurio podría ser un veneno, pero lo cierto es que el telurio no es muy soluble en solución de cianuro, por lo que no es probable siquiera que el problema en realidad ocurra.

Existe un creciente interés en la industria para la realización conjunta o lo mas próxima posible, de las operaciones de lixiviación de los minerales o de concentrados de oro y plata con las de carga del carbón activado. Por tanto, al estudiar esta última deben tenerse presente aspectos relevantes de la química con cianuro.

No debe dejarse de recordar que el CA también extraer el oro y la plata que se han lixiviado con otros agentes lixiviantes en medio ácido, como son, por ejemplo, los haluros, la tiourea y el tiosulfato. Estos últimos procesos, si bien todavía no presentan aplicaciones industriales relevantes, constituyen una opción tecnológica abierta para aplicaciones industriales relevantes, constituyen una opción tecnológica abierta para aplicaciones especiales, donde la ventaja que les otorga su trabajo en un medio ácido sea importante. Para que esos casos, ya existe evidencia experimental positiva en la literatura sobre el buen tratamiento del CA, para la recuperación de los respectivos complejos de oro y plata que, en cada caso, se forman.

4.4.3 INFLUENCIA DE LA QUÍMICA DE LA CIANURACIÓN SOBRE LA ADSORCIÓN

Las propiedades de cianuro, que son de gran interés para el proceso de cianuración, varían entre las disociaciones débiles cianhídrico y la formación de los complejos estables de los extensos compuestos cianógeno metálicos.

El enlace C-N del ion cianuro se puede romper por hidrólisis, produciéndose hidróxido de amonio. El ion cianuro, aunque se parece a un halógeno en sus reacciones con metales, puede también reaccionar con halógenos (Cl, Br, I) para formar haluros cianogenados.

A continuación se presentan algunas de esas reacciones:

a) **Disociación en el Agua:**



El equilibrio que se establece en una solución acuosa es reversible y fuertemente dependiente del pH, según se aprecia en la figura 1.

Sólo alrededor de un 50% del cianuro, total en la solución está presente como ion CN^- a un pH de 9.4. A pH 11.5 el total del cianuro está disponible para la reacción de lixiviación. Esta es la razón del por qué la mayoría de las plantas prefiere operar con un pH de entre 10.5 y 11.5.

A su vez al disociarse el cianuro a la forma de ácido cianhídrico, HCN aumentan también las concentraciones y emanaciones de dicho gas, que es letal (recuérdese su uso en la cámara de gases), por lo que por seguridad se establece la norma de operación a pH o superior práctica que se conoce como “operación con alcalinidad protectora”.

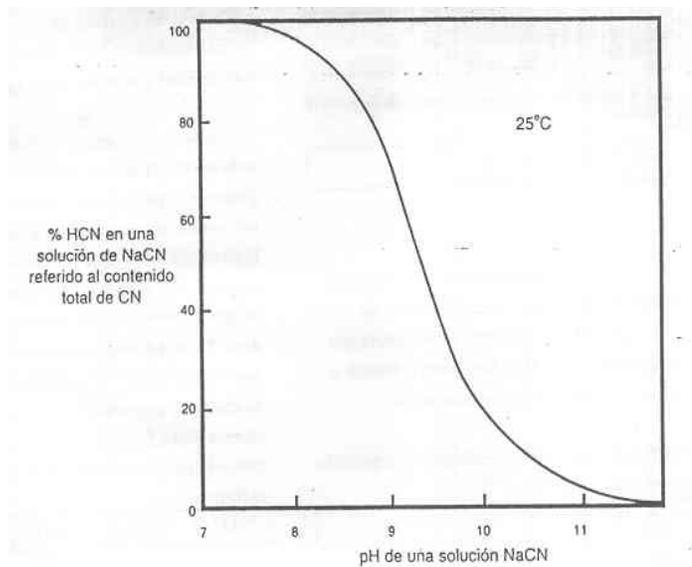
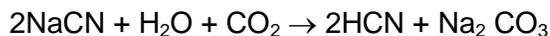


Ilustración 4.7 estabilidad del cianuro libre(E. Domic)

b) Reacción con CO₂

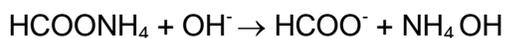
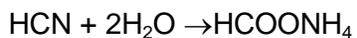
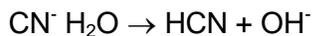
La aireación es importante en los procesos de cianuración y, en consecuencia, en un círculo de CIP. Por esto también esta reacción puede llegar a ser significativa:



Por lo tanto, debe haber cierto grado de alcalinidad libre para poder reaccionar con el ácido carbónico y mantener así controlada la disociación del HCN. Pero otro lado, si se usa cal, la presencia excesiva de ion Ca⁺² por ejemplo, promueve la formación de carbonato de calcio, CaCO₃ el que precipitará y producirá incrustaciones en el carbón.

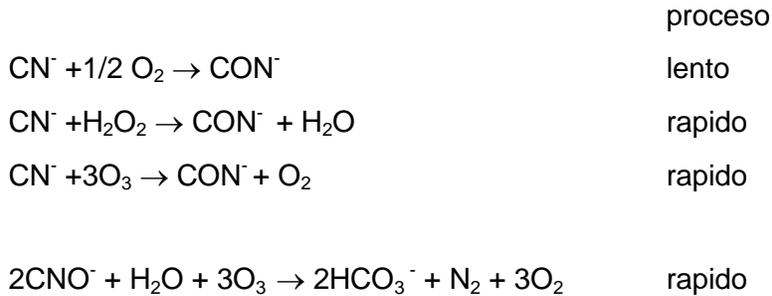
c) Reacción de Hidrólisis

El cianuro reacciona con agua y se hidroliza para formar formato de amonio. Para el proceso CIP esta reacción no es importante, pero debe interesar a los ambientalistas preocupados de los descartes.



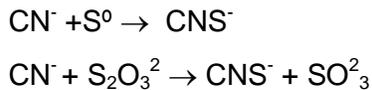
d) Oxidación

El ion cianuro puede ser oxidado (y por consiguiente, destruido) fácilmente con hipoclorito, peróxidos, ozono, o por electrólisis, formando el ion cianato, CN^- . El oxígeno atmosférico reacciona demasiado lento con el cianuro, a menos que la reacción sea catalizada. Las reacciones generales son como sigue:



e) Reacción con S^0 , Polisulfuros, HS^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

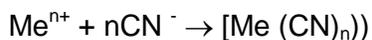
La formación del ion tiocinato, CNS^- es la principal fuente de consumo de cianuro en los procesos de cianuración. Los compuestos sulfurados insaturados son los productos de reacción de los sulfuros, de las sulfosales o del azufre elemental, con el oxígeno durante su almacenaje, cuando están finamente molidos o muy airados.



Suele agregarse sales de plomo o de mercurio con la finalidad de acelerar la oxidación para pasar a sulfato.

f) Reacción con Metales Pesados:

La interacción del ion cianuro, CN^- con metales pesados tiene gran importancia cuando se trata minerales polimetálicos y concentrados de flotación. Las reacciones proceden normalmente en varios pasos, resultando compuestos de solubilidades muy variables. La reacción general se puede escribir así:



Para $n = 1$ o 2 los compuestos son levemente solubles en agua, pero fácilmente solubles en exceso de CN^- . Por ejemplo, si $m=1,2,3,4,5$ y 6 se tiene:



Estos complejos no manifiestan las mismas propiedades tóxicas y de inestabilidad del ión CN^- , sino que son complejos más bien estables y con baja toxicidad. De hecho, sales de Fe y Co se usan como antídotos para los envenamamientos con cianuro. La formación de estos complejos y su alta solubilidad son justamente la base del proceso de cianuración.

4.4.4 EQUILIBRIO Y CINÉTICA DE LA ETAPA DE ADSORCIÓN

En síntesis se puede decir que el proceso físico de adsorción del oro o la plata, disueltos en una solución de cianuro, mediante carbón granular, se desarrolla a través de un íntimo contacto de la solución con el carbón, en un circuito en contracorriente.

El carbón, cuando se contacta con una solución que contiene iones metálicos cianurados, adsorber estos iones hasta alcanzar un cierto equilibrio entre la concentración de la especie absorbida en el carbón y la que permanece en solución. Así se puede preparar sencillas gráficas conocidas como “isotermas” ya que son válidas para una temperatura fija. Sin embargo, en este modelo de representación del fenómeno de adsorción deben tenerse presente algunas limitaciones. Por ejemplo, el verdadero equilibrio es muy difícil de alcanzar, ya que el proceso de adsorción depende de muchos factores físicos y químicos, que afectan tanto la cinética como el equilibrio que se alcanza en un momento dado.

Así, la velocidad inicial de adsorción de aurocianuro ($\text{Au}(\text{CN})_2$) es muy rápida, dado que se están aprovechando los sitios libres más accesibles en los macroporos, y posiblemente en los mesoporos. Bajo estas condiciones, la velocidad de adsorción está controlada por el transporte de masa, de aurocianuro, hacia los sitios activos del carbón, es decir, por la hidrodinámica del reactor que se utiliza para establecer el contacto.

Sin embargo, la cinética disminuye a medida que se aproxima un pseudo-equilibrio, ya que de ahí en adelante la adsorción empieza a tener lugar en los microporos, los que obviamente son más difíciles de acceder. En estas nuevas condiciones la velocidad de

adsorción se torna mucho más lenta, ya que el aurociano debe recorrer un camino muchísimo mas tortuoso y largo para alcanzar los sitios activos remanentes del carbón y se puede decir que la velocidad de adsorción está controlada por el transporte difusional en los poros.

La completa reversibilidad de la reacción ha sido demostrada por medio de experimentos de elusión libres de cianuro, experimentos de transferencia del aurocianuro entre carbones cargados y no cargados, y mediante experimentos prácticos ejecutados a nivel de planta industrial.

Por lo tanto es practica considerar al proceso de la reacción del aurocianuro como comprendiendo dos regímenes termodinámicos secuenciales el del seudo-equilibrio de la adsorción en el macro y mesoporos y luego, el verdadero equilibrio.

En la práctica, es difícil establecer modelos cinéticos para la adsorción, en vista de la ausencia de homogeneidad en la distribución de tamaño de poros, desde una partícula de carbón a la otra. El énfasis en esas áreas, entonces. ha sido puesto para tratar de obtener modelos empíricos o semi-empíricos y la operación de las plantas ha debido fijar sus parámetros para operar el proceso de carga del carbón dentro del rango del equilibrio de los macro y mesoporos. Todo esto se debe, no sólo a la rapidez de la carga y felicidad de respuesta a la eficiencia de mezclado en los reactores, sino también a la rapidez de la elusión y a la extensión que se puede alcanzar en esta última. Así, la mayor parte de las plantas prefieren operar predominantemente en este rango de seudo equilibrio, usando tiempos de contacto promedio por reactor, de cerca de 24 horas.

La energía de activación para la adsorción del oro en carbón activado ha sido estimado en 10 a 11 kJ/mol (unos 2.5 kcal/mol), lo cual está en concordancia con la interpretación del mecanismo controlante de transporte de masas recién explicado. La cinética de la adsorción del oro puede describirse a través de la ecuación cinética de primer orden:

$$\text{Log } C_1 = mt + \text{log}C_0$$

Donde:

C_1 y

C_0 = son las concentraciones de oro en solución al tiempo t y a $t = 0$ respectivamente.

m = constante cinética, que se determina con facilidad en una gráfica logC versus tiempo a partir de un simple test de laboratorio.

La ecuación cinética de primer orden también puede expresarse de este modo:

$$d(\text{Au})_{\text{carbón}} / dt = k(\text{Au})_{\text{solución}}$$

Donde:

(Au) carbón y

(Au) solución = son las respectivas concentraciones de oro al tiempo "t" y

k = es la constante cinética de primer orden.

El equilibrio de la adsorción en carbón activado está representado por la siguiente expresión, conocida como "ecuación de adsorción de Freundlich".

$$X/M = k C^{1/n}$$

Donde:

X = unidades de Au, Ag removidos

M = peso del carbón que se requiere para remover X unidades de Au, Ag.

C = concentración de Au, Ag en solución

k, n = constante.

Cuando se grafican los datos medidos experimentalmente, sobre un papel log-log, se obtiene una línea recta cuya pendiente está dada por 1/n .

En un documento de U.S. Bureau of Mines, escrito por S.J. Hussey H.B. Salisbury y G.M. Potter, se discuten aspectos adicionales para el diseño de una planta en cascada, como también procedimientos para estudios de la velocidad de adsorción. Por su parte C.A. Fleming y M.J. Nicol sugieren que el diagrama de McCabe-Thiele no se puede usar para describir la adsorción de oro en carbón debido a que el equilibrio no se puede alcanzar en el tiempo de contacto disponible y por lo que la reacción no sería reversible. Estos últimos autores proponen, mas bien, el uso de una relación empírica de la siguiente forma:

$$(\text{Au})_c^t - (\text{Au})_c^0 = k(\text{Au})_s^t \sqrt{t}$$

Donde:

$(Au)_c^t$ = concentración de oro en el carbón al tiempo t

$(Au)_c^0$ = concentración de oro en el carbón al inicio t = 0

$(Au)_s^t$ = concentración de oro en la solución al tiempo t

k = constante

Haciendo un balance másico para una etapa dada se tiene:

$$V_s (Au)_s^i - (Au)_s^o = V_c (Au)_c^o - (Au)_c^i$$

Donde:

V_s, V_c = flujos de solución y de carbón.

Respectivamente:

$(Au)_{s,c}$ = concentración de oro en la solución o en el carbón.

i, o = superíndice de entrada (in) y de salida (out).

Ahora bien, la expresión que resulta al combinar estas dos ecuaciones permite calcular los balances de masas para cada una de las etapas y para todos los productos.

La carga efectiva, o “capacidad de carga”, para el oro en el carbón activado, figura en un rango de 80 mg/g (80 kg/ton, o unas 2.700 onzas/ton) desde soluciones ácidas a 40 mg/g desde soluciones cianuradas. Las plantas de oro en operación usualmente trabajan en el rango que va 5 a 20 mg/g (5-20kg/ton, o unas 200 a 700 onzas / ton). La capacidad de adsorción para la plata es menor que para el oro, pero una concentración práctica entre 10 y 20 mg/g es aún buena, considerando que la máxima capacidad posible sea de unos 30 mg/g.

4.4.5 FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE ADSORCIÓN

Entre los factores físicos y químicos que afectan la eficiencia del proceso de adsorción, tanto desde el punto de vista del equilibrio, al afectar la capacidad de carga, como de la cinética se encuentran la temperatura, la eficiencia del mezclado, el tamaño de partícula de los carbones, la densidad del pulpa, la concentración de oro en la solución, la concentración de cianuro el pH de la solución, la fuerza iónica de la solución, la concentración de otros metales, el oxígeno disuelto y el envenenamiento del carbón.

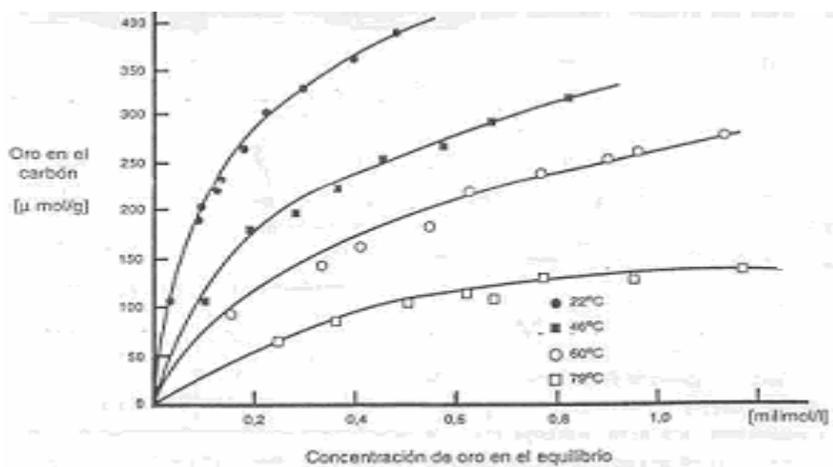


Ilustración 4.8 Efecto de la temperatura en la adsorción(E. Domic)

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA EFICIENCIA DE LA ADSORCIÓN

La adsorción de oro por parte del carbón activado es un proceso exotérmico, que tiene la particularidad de revertir la adsorción al aumentar la temperatura. En consecuencia, la capacidad de carga disminuye al aumentar la temperatura, tal como se muestra, tanto en el ejemplo de la Figura 2. Esta particularidad del proceso de CA se aprovecha posteriormente en la etapa de desorción de carbón, para ejecutar la elusión en caliente en forma más eficiente.

EFECTO DE LA EFICIENCIA DEL MEZCLADO

El efecto del mezclado sobre la cinética de adsorción del aurocianuro en carbones se puede observar en los resultados de un test agitado, realizado por CA Fleming y M.J. Nicol en un reactor de laboratorio provisto de deflactores (baffles), como se aprecia en la Figura 3. Puede observarse que una mayor velocidad de agitación aumenta la cinética de adsorción en general, disminuye la resistencia a los fenómenos difusionales.

Sin duda que el grado de agitación logrado en experimentos como el que se comenta excede con creces el que se puede alcanzar en reactores agitados industriales. Por este motivo, sólo se puede concluir que la eficiencia del mezclado tiene una importancia

trascendente sobre los rendimientos operacionales de una planta real, lo que coincide, además, con las observaciones de plantas en operaciones.

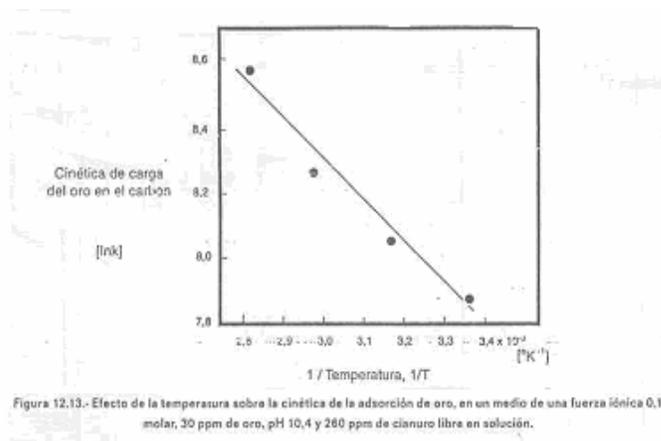


Ilustración 4.9 Efecto de la temperatura en la cinetica de adsorcion(E. Domic)

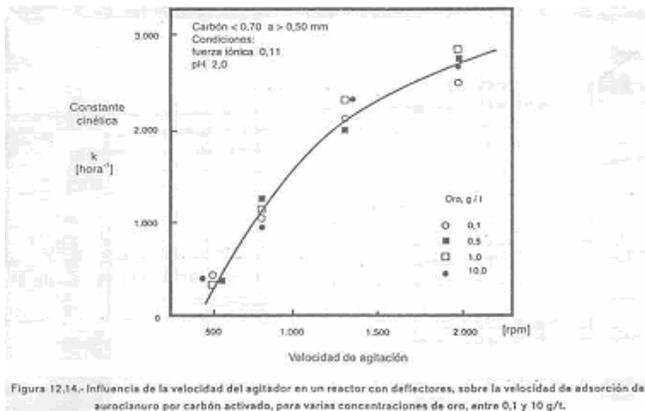


Ilustración4.10 Influencia de la velocidad de agitación sobre adsorcion(E. Domic)

EFEECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL CARBÓN

Nuevamente en un experimento de laboratorio, realizado por CA Fleming y M.J. Nicol una muestra de carbón fue separada por tamaños en el rango entre 0.5 y 2.5 mm sometiéndose a continuación a una comparación de su cinética en el período inicial de más rápida adsorción. Los resultados se caracterizan por una dependencia inversa de la cinética versus el tamaño medio de partículas. Esta evidencia indica una reacción controlada por difusión y se relaciona a la razón entre el área superficial de una partícula

de carbón y su volumen. Esta relación está basada en las propiedades macroscópicas del carbón.

Microscópicamente se ha demostrado que el grado de rugosidad también puede llegar a tener un efecto profundo sobre la transferencia de masa en una reacción heterogénea sólido-líquido, como la del proceso de adsorción y esta propiedad de los carbones, sin duda, juega un rol importante en la determinación de los coeficientes de transferencia.

Asimismo, debe enfatizarse la observación experimental que la capacidad de carga de equilibrio de los carbones, no se ve afectada por el tamaño de las partículas usadas en la adsorción.

EFEECTO DE LA DENSIDAD DE PULPA

En otros test de laboratorio, realizado por C.A. Fleming y M.J.Nicol, se usó un reactor agitado provisto de deflectores para estudiar el efecto de la densidad de pulpa formada al lixiviar el mineral, sobre las constantes cinéticas de la adsorción del aurocianuro sobre un carbón típico. Mostrara una influencia sustancial de la densidad de pulpa sobre la cinética del proceso de adsorción, debido, por un lado a la disminución de la eficiencia del mezclado al aumentar la densidad y por el otro al posible “enceguecimiento” físico de la superficie del carbón con los finos de la pulpa. Sin embargo, en el diseño de procesos a nivel industrial, frecuentemente se tiende a adoptar valores mayores en el porcentaje de sólidos de la pulpa, incluso hasta de 50% por razones económicas ya que así disminuye el tamaño de los equipos y por lo tanto los costos de inversión asociados.

EFEECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ORO EN SOLUCIÓN

Tanto la cinética de adsorción del oro como la capacidad de carga del carbón aumentan al incrementarse las concentraciones de oro en la solución de alimentación. Típicamente, en la práctica operacional se pueden obtener cinéticas de adsorción para el oro en el rango de 10 a 100 gramos de oro por hora y por tonelada de carbón y capacidades de carga de 5 a 10 kilogramos de oro por tonelada de carbón, en las condiciones normales de esos procesos de cianuración estándar industriales.

EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CIANURO EN SOLUCIÓN

En ambos casos, la cinética de adsorción y la capacidad de carga de los carbones se ven afectados negativamente con el aumento de la concentración de cianuro libre. Esto se atribuye a la creciente competencia que provoca el cianuro libre al tratar de ubicarse en los sitios activos aún vacantes del carbón. Sin embargo, la selectividad del carbón activado por el oro, por encima de otras especies metálicas cianuradas, aumenta al aumentar la concentración de cianuro libre en la solución. En estas condiciones se opera cuando, por ejemplo, existe cobre abundante en los minerales.

En la práctica, la concentración de cianuro usada durante la adsorción es el remanente de la cianuración y, por lo tanto, es el resultado de la optimización de dicho proceso y de las degradaciones que pudiera haber sufrido el reactivo residual durante su trayectoria a través del circuito de lixiviación. Normalmente, presenta un valor bastante estable y del orden de 0.1 a 0.3 g/l de NaCN.

EFFECTO DEL pH DE LA SOLUCIÓN

Una disminución en el pH de la solución favorece tanto la cinética de adsorción como la capacidad total de carga de oro en el carbón. Esto se aprecia en los resultados.

Entre pH 9 a 11, que es el rango posible de aplicar en los circuitos de cianuración, el efecto del pH sobre la cinética de adsorción es más bien pequeño. Es decir el pH operacional. La mayor capacidad de adsorción del carbón conseguida a pH más ácidos es inutilizable, ya que llevaría a la formación del HCN. Por su parte, la capacidad de carga aumenta aproximadamente en 10% si el pH disminuye desde pH 11 a pH 9. En la práctica, el pH se mantiene normalmente a pH mayor que 10 para evitar las pérdidas de cianuro por hidrólisis, o bien, alternativamente, el pH puede dejarse disminuir en forma natural a través de un circuito en contracorriente tipo CIP o CIL a objeto de ayudar a la degradación del cianuro, previo al descarte y disposición de las colas del proceso.

EFFECTO DE LA FUERZA IÓNICA DE LA SOLUCIÓN

El efecto de la fuerza iónica de la solución sobre el proceso de adsorción también se observara este efecto siendo positivo, ya que al aumentar la cinética de adsorción y la

capacidad de carga del carbón. Este efecto está, además ilustrado con el descubrimiento experimental de que el complejo de aurocianuro puede ser eluido mediante agua desionizada (proceso de desorción AARL).

EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE OTRAS SUSTANCIAS

Bajo condiciones experimentales de laboratorio, la capacidad de carga del carbón aumenta con el incremento de la concentración de los siguientes cationes, con un mayor efecto benéfico de los bivalentes en el orden:

Y disminuye con las concentraciones de aniones en el orden:

Estos efectos se complican en las condiciones de un circuito industrial, con la composición de otros efectos superpuestos, como es la adsorción de otras especies cianuradas metálicas que compiten por los sitios activos disponibles del carbón. El resultado perjudica la cinética de adsorción y reduce la capacidad de carga de equilibrio para el oro.

Sin embargo el calcio puede transformarse en un verdadero veneno en caso de encontrarse en la carbón produciendo un efecto pasivante sobre la cinética. Como una observación empírica se considera que menos de 6g/l de calcio en un círculo no produce mayores efectos negativos, pero si se llega a los 10g/l, se observará un serio efecto deteriorante sobre la cinética, aunque no sobre la capacidad total de carga del carbón. El mecanismo de envenenamiento sería por medio de la oxidación del cianuro a cianato y luego a bicarbonato:

Cuando se produce este tipo de envenenamiento con carbonato de calcio, y para contrarrestar este efecto, se lava el carbón con ácido clorhídrico en cada ciclo.

La adsorción de la plata sigue un patrón de comportamiento al resultar ser un interesante subproducto de la recuperación del oro. Sin embargo, es bueno tener presente que la capacidad de carga de la plata es inferior a la del oro. Lo mismo ocurre con su cinética de adsorción, que es menor que la del oro. Lo mismo ocurre con su cinética de adsorción, que es menor que la del oro. Además, el complejo áurico tiende a desplazar a la plata desde sus sitios cuando está ya adsorbida. Todo esto tiene importancia al momento del diseño de una planta, pues deben considerarse importantes capacidades de carga del

carbón adicionales, de forma de cubrir los requerimientos extras que provoca la plata presente.

De manera similar, la adsorción del mercurio sigue también un patrón de comportamiento similar al del oro y es económicamente complementario también al resultar ser un interesante subproducto de la recuperación del oro. Sin embargo, es bueno tener presente que al complejo cianurado del mercurio, que es neutro, $\text{Hg}(\text{CN})_2$ compite directamente con el cianuro áurico e incluso puede desplazarlo de sus sitios activos ya ocupados en el carbón. Afortunadamente el mercurio está presente, casi siempre, en pequeñísimas concentraciones, por su baja ley y su pobre capacidad de disolverse en la lixiviación, motivo por el cual no es normal encontrar grandes problemas de este tipo asociados a él. Sin embargo, su facilidad para actuar a la par con el oro para adsorberse hace que se quiera imperativamente considerar, en los casos en que se conoce su presencia con anticipación, un método efectivo de control para recuperarlo sin producir riesgos ambientales importantes.

Por su parte, la adsorción del cobre está fuertemente relacionada con un control del pH y de la concentración de cianuro residual. El complejo de cobre doble cianurado, $\text{Cu}(\text{CN})_2$, cuya formación se ve favorecida a pH bajo y a las bajas concentraciones de cianuro libre, es el más prontamente adsorbido en el carbón, en tanto que el complejo tetra-cianuro de cobre $\text{Cu}(\text{CN})_4$ cuya formación predomina a elevado pH y a altas concentraciones de cianuro libre tiene una adsorción muy inferior. En síntesis, la adsorción de las especies cianuradas de cobre es creciente en el siguiente orden:

El efecto deteriorante del cobre sobre la adsorción del oro ha sido extensamente estudiado, ya que se reportan concentraciones tan bajas como 100mg/l, causando una fuerte interferencia en el proceso de adsorción. Cualquier proceso de lixiviación que entregue concentraciones altas de cobre en sus soluciones cianuradas, por ejemplo, superiores a los 200 mg/l requerirá un cuidadoso control del pH y de las concentraciones de cianuro libre para poder operar efectivamente. En un caso extremo, estos minerales debieran ser considerados como inapropiados para el proceso de adsorción con carbón activado.

En resumen debe tenerse que cualquier otro metal que se absorbe en el carbón representará una complicación posterior, además de ocupar espacio en la capacidad total

de carga disponible del carbón, lo que obliga a aumentar los respectivos inventarios para mantener la eficiencia de la adsorción del oro, que es el objetivo final.

Otros venenos inorgánicos que se han considerado relevantes, son la hematita, la pinta y las arcillas finas, básicamente por un efecto físico de los macroporos del carbón y no por mecanismos de adsorción competitiva.

Entre los venenos orgánicos mas importantes en la situaciones industriales, deben tenerse en cuenta los residuos de solventes usados para ayudar a la elusión (que se describen en la sección siguiente): etanol, metanol, acetona, glicol y acetonitrilo. Asimismo, restos de reactivos de flotación y aceites de máquinas, todos insolubles en agua, tiene un efecto adversos para la cinética de adsorción y para la capacidad de carga de los carbones. Curiosamente, la presencia de sólidos en suspensión ayuda parcialmente a corregir el problema, al compartirse los productos orgánicos solventes entre el carbón y los sólidos inertes.

CAPITULO V OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES METALURGICOS

5.1 DESCRPCION DE LA PLANTA

5.1.1 SECCION CHANCADO

El mineral de mina recepcionado en la cancha #1(640m²) consta de dos parrillas cuya luz entre parrillas es de 5", tambien encontramos la oficina de control donde esta ubicado el panel de la balanza electronica. Por debajo de cada parrilla se encuentra un tolvin receptor de carga siendo su capacidad de 1 tonelada. Una faja transportadora de 18" ancho y 14 metros de largo recibe el mineral recibe desde el tolvin para luego transportarlo hacia una zaranda vibratoria 3`x5´ siendo su malla de abertura de ¾".

Una chancadora de quijadas 10"x16"COMESA(25HP) recepciona la carga gruesa(+3/4") reduciendo hasta -3/4". La carga fina y los productos de la chancadora es colectada por la faja No 2 y finalmente a la faja movil de giro radial el cual nos da la opcion de la trituración por lotes identificados y realizar su respectivo muestreo .

El mineral depositado en la cancha #2 ,siendo clasificados según su procedencia y para luego realizar su blending respectivo,este mineral preparado descarga en la faja No 4 por tolvines similar a la cancha No 1 es llevado a la zaranda No 2 cuya malla es de 3/16" de abertura en circuito cerrado formado por la chancadora giratoria de24" TELESMTIH con ello se obtiene un producto de tamaño de particula de 100%-3/16".

El aspecto ambiental en esta sobre la emision de particulas se ha instalado un extractor de polvo con motor de 12 HP principalmente en la zona de chancado secundario y en la zona de chancado primario por el momento es controlado humedeciendo el mineral.

Referencia de metodo analitico PM10=Gravimetrico ESTACIONES DE MUESTREO	PARTICULAS EN SUSPENSION PM10(µg/m ³)
Fuente EQUAS PLANTA DE BENEFICIO	87
UNIDAD CAPITANA (ESPERANZA)	81
UNIDAD SAN JUAN	40
NIVEL MAXIMO PERMISIBLE R.M. No 0315-96EM/VMM	350*
*No debe ser excedido de una vez al año	

5.1.2 MOLIENDA Y CLASIFICACION

La tolva de finos cuya capacidad es de 100 tms de aquí parte la alimentación al circuito de molienda mediante la faja de alimentación al molino 5'x5' COMESA ,el cual también es controlado su tonelaje de tratamiento mediante una balanza electrónica en la faja de alimentación, la descarga del molino 5'x5' es alimento del clasificador Helicoidal 32"x18' COMESA , las arenas del clasificador es alimentado al molino 4'x4' COMESA ,siendo la descarga de este molino retornado al circuito del clasificador Helicoidal y el rebose del clasificador es bombeado y clasificado por un hidrociclón D-10 ICBA ,los gruesos de la clasificación es llevado a la sección de remolienda por el molino 3'x6 'COMESA y los finos a la sección de cianuración.

5.1.3 CIANURACION Y ADSORCION

la granulometría de los finos de hidrociclón D-10 es de 75%-m200 en promedio el cual alcanza un 90% de disolución del oro en la sección de molienda pero actualmente por la presencia de minerales mixtos óxidos y sulfuros por naturaleza, se esta alcanzando 80-85% de disolución del oro .

El tiempo de residencia es 10.5 horas en adsorción con carbón activado pero previamente complementado con una lixiviación de 2.5 horas de residencia .

5.2 TRITURACION PRIMARIA Y SECUNDARIA

Las evaluaciones en esta sección se realizaron en tres etapas como: variaciones o modificaciones de circuitos tales como chancado secundario en circuito cerrado y selección de equipo de trituración secundaria que cumpla con nuestros objetivos (producto del Set 100%-3/16"), con ello es notorio el incremento de tonelaje de alimentación.

Las condiciones climatológicas de la zona nos permite llegar a nuestro objetivo el cual sería de materia de evaluación para otras zonas, debido la mayoría de nuestros centros mineros del Perú están ubicados por encima de los 2500msnm.

MODIFICACIONES CHANCADO SECUNDARIO	PRODUCTO TRITURACION PRIMARIO	PRODUCTO TRITURACION SECUNDARIO	TRATAMIENTO DIARIO(TMS)
ETAPA I AGOSTO 2000-ABRIL 2001 CIRCUITO ABIERTO	100%-MALLA 1"	100%-MALLA 1/2"	90
	100%-MALLA 3/4"	80%-MALLA 3/8"	110
ETAPA II ABRIL 2001-ENERO 2002 CIRCUITO CERRADO	100%-MALLA 3/4"	100%-3/8"	130
ETAPA III ENERO 2002-ACTUALIDAD CIRCUITO CERRADO	100%-MALLA 1"	100%-3/16" MALLA	160

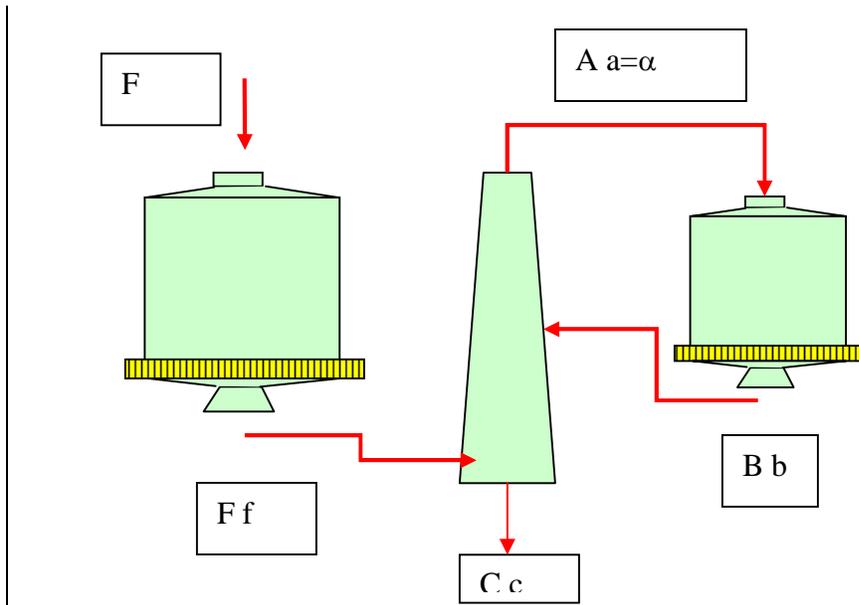
5.3 FORMULACIONES MATEMATICAS EN LOS DIFERENTES DIAGRAMAS DE FLUJO DE TRABAJO (AJUSTE DE MALLAS POR MULTIPLICADORES DE LAGRANGE)

A.-CIRCUITO ESTANDAR MOLINO 4x4 Y CLASIFICADOR HELICOIDAL

Como toda mediana y pequeña minería adolecemos de controles automatizados de nuestras operaciones y procesos. Esta formulación nos proporciona una información importante sobre la marcha de la planta, y determinar la carga circulante que están en función de los análisis granulométricos del circuito.

La formulación del circuito **molienda(molino 5x5 y molino 4x4) y clasificador helicoidal** en análisis, como muestra el diagrama de flujo será similar al circuito del **molino 3x6 y el hidrociclón D10** siendo evaluadas por separado teniendo un análisis granulométrico común para ambos circuitos en el rebose del clasificador helicoidal, por lo tanto cada

circuito de molienda de cualquier planta beneficio tendrá su peculiaridad la cual estará reflejada con la molienda y clasificación óptima del mineral.



Variables

F = Alimento del clasificador helicoidal.

A = Arenas del clasificador (Alimento Mol 4x4= B = Descarga molino 4x4

C = Rebose clasificador

f, a, b, c (% Peso por malla)

Ecuaciones de Balance de Masa

$$F = C = 1 \dots \dots (1)$$

$$A = B = \alpha \dots \dots (2)$$

$$F + B = C + A$$

$$Ff_i + Bb_i = Cc_i + Aa_i \dots \dots (3)$$

Luego (1) y (2) en (3),

$$f_i + \alpha b_i = c_i + \alpha a_i$$

Determinación de Δi

$$\Delta = f_i - c_i + \alpha (b_i - a_i)$$

Calculo de α

$$S_i = \Delta_i^2$$

$$S_i = [f_i - c_i + \alpha(b_i - a_i)]^2$$

$$\frac{\partial S_i}{\partial \alpha} = \frac{\partial \Delta_i^2}{\partial \alpha} = 0 = 2(b - a)(f - c) + 2\alpha(b - a)^2$$

$$\alpha = \frac{\sum (b_i - a_i)(c_i - f_i)}{\sum (b_i - a_i)^2}$$

Ajuste por multiplicadores de Lagrange

$$S_n = S_i + 2\lambda_i$$

$$S_n = \Delta a_i^2 + \Delta b_i^2 + \Delta c_i^2 + \Delta f_i^2 + 2\lambda_i[\Delta_i - \Delta f_i + \Delta c_i + \alpha(\Delta a_i - \Delta b_i)]$$

Calculo de Δa_i , Δb_i , Δc_i , Δf_i y λ_i

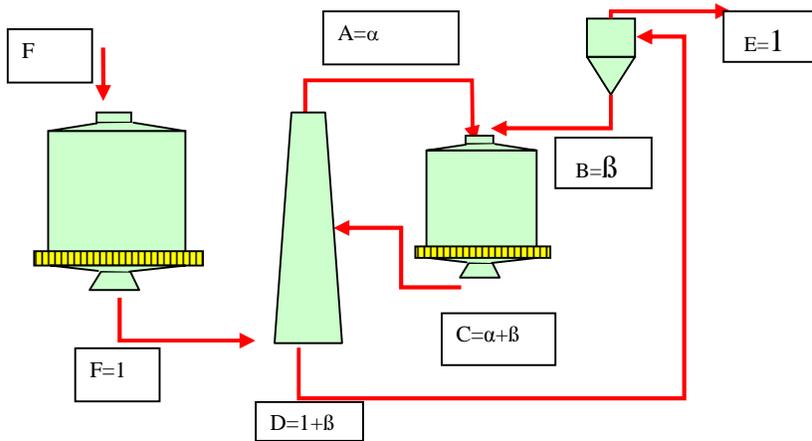
$$\frac{\partial S_n}{\partial \Delta a_i} = 0 \quad \longrightarrow \quad \Delta a_i = -\lambda_i \alpha$$

$$\frac{\partial S_n}{\partial \Delta b_i}, \frac{\partial S_n}{\partial \Delta c_i}, \frac{\partial S_n}{\partial \Delta f_i}, \frac{\partial S_n}{\partial \lambda_i}$$

$$\Delta_i = 2\lambda_i [1 + \alpha^2]$$

$$\lambda_i = \frac{\Delta_i}{2[1 + \alpha^2]}$$

B.-CIRCUITO MOLINO 4'X4', CLASIFICADOR HELICOIDAL Y HIDROCICLON D-6



BALANCE MATERIAS

MOLINO 4X4

$$A_{ai} + B_{bi} = C_{ci}$$

$$\alpha a_i + \beta b_i = (\alpha + \beta) c_i$$

$$\Delta_1 = \alpha(c_i - a_i) + \beta(c_i - b_i)$$

CLASIFICADOR HELICOIDAL

$$F_{fi} + C_{ci} = D_{di} + A_{ai}$$

$$f_i + c_i(\alpha + \beta) = (1 + \beta)d_i + \alpha a_i$$

$$\Delta_2 = (f_i - d_i) + \alpha(c_i - a_i) + \beta(c_i - d_i)$$

HIDROCICLON D-6"

$$E_{ei} + B_{bi} = D_{di}$$

$$e_i + \beta b_i = d_i(1 + \beta)$$

$$\Delta = (d_i - e_i) + \beta(d_i - b_i)$$

EN EL HIDROCICLON D-6

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \sum \Delta^2$$

$$\beta = \frac{\sum (d_i - e_i)(d_i - b_i)}{\sum (d_i - b_i)^2}$$

EN CIRCUITO MOLINO 4x4 Y EL CLASIFICADOR

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \sum (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)$$

$$\alpha = \frac{\sum (a_i - c_i)(f_i - d_i + \beta(2c_i - b_i - d_i))}{\sum (c_i - a_i)^2}$$

REAJUSTE POR MALLAS POR MULTIPLICADORES DE LAGRANGE

$$S_m = S_i + 2\lambda_i$$

$$S_m = \Delta_1 a_i^2 + \Delta_1 b_i^2 + \Delta_1 c_i^2 + \Delta_1 f_i^2 + \Delta_1 d_i^2 + 2\lambda_1 [\Delta_1 - \alpha(\Delta_1 c_i - \Delta_1 a_i) - \beta(\Delta_1 c_i - \Delta_1 b_i)] + 2\lambda_2 [\Delta_2 - \alpha(\Delta_1 c_i - \Delta_1 a_i) - \beta(\Delta_1 c_i - \Delta_1 d_i) - (\Delta_1 f_i - \Delta_1 d_i)]$$

Calculo de $\Delta_1 a_i$, $\Delta_1 b_i$, $\Delta_1 c_i$, $\Delta_1 f_i$, $\Delta_1 d_i$ y λ_i

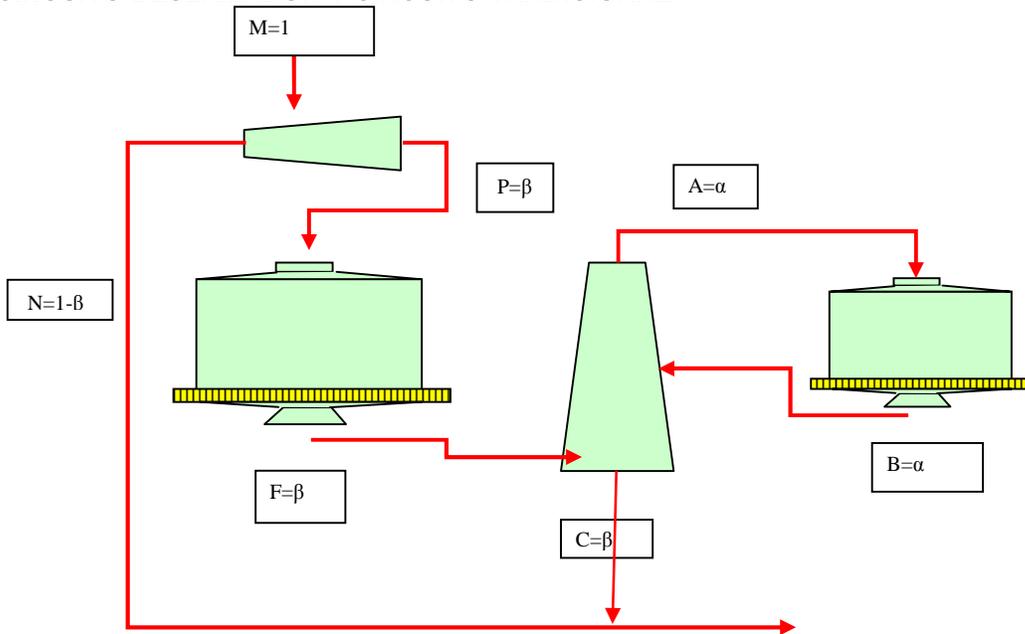
$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta_1 a_i} = 0 \longrightarrow \Delta_1 a_i = -\alpha(\lambda_1 + \lambda_2)$$

$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta_1 b_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \Delta_1 c_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \Delta_1 f_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \lambda_1}, \frac{\partial S_m}{\partial \Delta_1 d_i}$$

$$\lambda_1 = \frac{\Delta_2 a_i^2 - 2\Delta_1 b_i a_i}{a_i [a_i^2 - 4b_i^2]}$$

$$\lambda_2 = \frac{\Delta_1 a_i - 2\Delta_2 b_i}{[a_i^2 - 4b_i^2]}$$

C.-CIRCUITO DESLAMADOR Y CIRCUITO TRADICIONAL



BALANCE MATERIA

DESLAMADOR

$$M=N+P \quad Mm_i=Nn_i+Pp_i \quad m_i(1)=\beta p_i+(1-\beta)n_i \quad \Delta i=(m_i-n_i)+\beta(n_i-p_i)$$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \sum \Delta^2 \quad \beta = \frac{\sum (p_i - n_i)(m_i - n_i)}{\sum (n_i - p_i)^2}$$

CLASIFICADOR HELICOIDAL

$$F+B=C+A \quad Ff_i+Bb_i=Cc_i+Aa_i \quad f_i\beta+ab_i=\alpha a_i+\beta c_i \quad \Delta i=\beta(f_i-c_i)+\alpha(b_i-a_i)$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \sum \Delta^2 \quad \alpha = -\beta \frac{\sum (f_i - c_i)(b_i - a_i)}{\sum (b_i - a_i)^2}$$

Ajuste por multiplicadores de Lagrange en el deslamador

$$S_m = S_i + 2\lambda_i \quad S_m = \Delta m_i^2 + \Delta n_i^2 + \Delta p_i^2 + 2\lambda_i[\Delta i - (m_i - n_i) - \beta(n_i - p_i)]$$

Calculo de Δm_i , Δn_i , Δp_i y λ_i

$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta m_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \Delta n_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \Delta p_i}, \frac{\partial S_m}{\partial \lambda_i}$$

$$\frac{\partial S_m}{\partial \Delta n_i} = 0 \quad \longrightarrow \quad \Delta p_i = -\lambda \beta$$

$$\lambda = \Delta i / 2(1 - \beta + \beta^2)$$

Ajuste por multiplicadores de Lagrange en el Clasificador Helicoidal

$$S_m = S_i + 2\lambda_i \quad S_m = \Delta f_i^2 + \Delta a_i^2 + \Delta b_i^2 + \Delta c_i^2 + 2\lambda_i[\Delta i - \alpha(b_i - a_i) - \beta(f_i - c_i)]$$

Calculo de Δai , Δfi , Δci , Δbi y λi

$$\frac{\partial sm}{\partial \Delta bi}, \frac{\partial sm}{\partial \Delta ci}, \frac{\partial sm}{\partial \Delta fi}, \frac{\partial sm}{\partial \lambda i}, \frac{\partial sm}{\partial \Delta ai}$$

$$\frac{\partial Sm}{\partial \Delta fi} = 0 \longrightarrow \Delta fi = \lambda \beta \quad \lambda = \Delta i / 2(\beta - \alpha^2)$$

5.3.1 PREPARACION DE UNA HOJA DE CÁLCULO PARA LOS CONTROLES DE PARAMETROS METALURGICOS.

A inicio del año 2001 preparado la hoja del calculo nos da la opción de controlar nuestros parámetros metalúrgicos, siendo ello de gran importancia para nuestro crecimiento productivo y asi optimizar el circuito de molienda y clasificación.

El crecimiento fue progresivo al implantar variables metalurgicos que se notorio en nuestra operación y de controlar adecuadamente mediante un muestreo.

Consecuencia del incremento de capacidad de tratamiento de se incorpora en la operación un hidrociclón D-10 en reemplazo del hidrociclón D-6, todo estos cambios efectuados mediante la información detallada que nos proporciona la hoja de calculo tales como muestra la hoja resumen (sumario).

CIRCUITO ESTANDAR Y DESLAMADOR HELICOIDAL

ANALISIS DE MALLA
MUESTREO 4 MARZO 2004

CONDICIONES OPERATIVAS
ZARANDA ABERTURA 3/16"(ALIMENTACION CIRCUITO MOLIENDA)

MALLA	DESAMADOR HELICOIDAL				ALIM 5X5		DESC 5X5		ARENAS CLASIFICADOR		DESCARGA 4X4	
	ALIMENTO		REB OSE		peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso
m6	69.83	13.97	0.00	0.00	117.32	23.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
m10	123.74	24.75	0.00	0.00	163.84	32.77	6.91	2.76	6.14	2.46	1.00	0.40
m20	87.92	17.58	0.00	0.00	89.64	17.93	15.68	6.27	15.84	6.34	3.38	1.35
m70	101.26	20.25	5.42	2.71	86.35	17.07	96.67	38.67	140.94	56.38	93.05	37.22
m100	15.49	3.10	9.48	4.74	9.51	1.90	27.70	11.08	36.97	14.79	41.93	16.77
m150	12.66	2.53	15.32	7.66	6.25	1.25	21.41	8.56	21.07	8.43	30.61	12.24
m200	8.79	1.76	17.33	8.67	3.63	0.73	14.67	5.87	9.58	3.83	18.78	7.51
m325	6.03	1.21	24.32	12.16	2.43	0.49	14.77	5.91	6.31	2.52	16.77	6.71
-325	74.28	14.86	128.13	64.07	22.03	4.41	52.19	20.88	13.15	5.26	44.48	17.79
	500.00	100.00	200.00	100.00	500.00	100.00	250.00	100.00	250.00	100.00	250.00	100.00

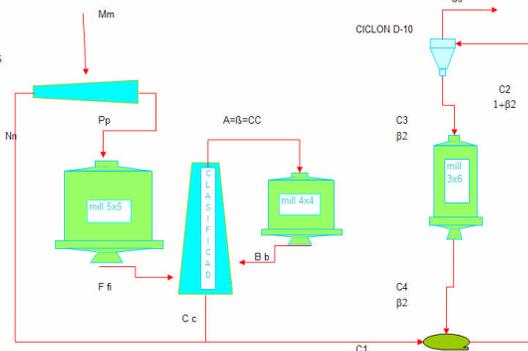
MALLA	O/F D10		ALIM D 10		DESC 3X6		U/F(ALIMENTO 3X6)		O/F CLASIFICADOR		Alimento bomba recalculado	
	peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso	peso	%peso
m10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
m20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
m70	1.21	0.81	11.47	5.74	10.46	5.23	19.32	9.66	16.62	8.31	39.51	7.28
m100	7.29	3.65	27.06	13.53	31.02	15.51	41.49	20.75	24.96	12.48	60.01	11.95
m150	20.55	10.28	40.36	20.18	50.19	25.10	53.38	26.69	27.68	13.84	68.95	12.70
m200	26.30	13.15	34.14	17.07	41.47	20.74	38.59	19.30	22.71	11.36	58.95	10.86
m325	32.81	16.41	28.62	14.31	31.28	15.64	25.60	12.80	24.92	12.46	67.34	12.40
-325	111.84	55.92	58.35	29.18	35.58	17.79	21.62	10.81	83.11	41.56	248.10	45.70
	200.00	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	542.87	100.00

EVALUACION PLANTA DE BENEFICIO

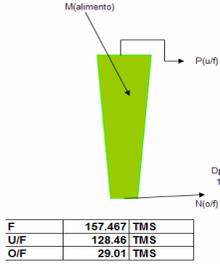
MOLINO 5X5		DESAMADOR HELICOIDAL	
TMS	128.46	ALIMENTO	157.467
F80	4427.44	UNDER	128.46 %200malla
P80	449.74	OVER	29.01
R REDU	9.84		
Wi	21.90		

CIRCUITO MOLIENDA- CLASIFICACION HELICOIDAL	
CARGA CIRCULANTE(%)	157.338
ALIMENTO MOLINO 4X4	202.118
F80	644.630
P80	302.357
RADIO REDUCCION	2.132
Wi	16.704

CIRCUITO MOLINO 3X6 Y CICLON D-10	
CARGA CIRCULANTE(%)	145.798
ALIMENTO CICLON D-10	387.051
ALIMENTO 3X6	229.584
F80	170.147
P80	148.238
RADIO REDUCCION	1.188
D50(Um)	56.985
EFICIENCIA DEL CICLON	52.511 %200malla
Wi	24.99



DISTRIBUCION DE TONELAJE EN EL DESLAMADOR HELICOIDAL



AJUSTE DE MALLAS EN EL DESLAMADOR HELICOIDAL

MALLA	M ALIMENTO	N OVER	P UNDER	p-n	n-m	(p-n)*(n-m)	(p-n) ²
m6	13.97	0.00	23.46	23.46	-13.97	-327.70	550.56
m10	24.75	0.00	32.77	32.77	-24.75	-810.94	1073.74
m20	17.56	0.00	17.93	17.93	-17.56	-315.25	321.41
m70	20.25	2.71	17.07	14.36	-17.54	-251.90	206.21
m100	3.10	4.74	1.90	-2.84	1.64	-4.66	8.05
m150	2.53	7.66	1.25	-6.41	5.13	-32.27	41.09
m200	1.76	8.67	0.73	-7.94	6.91	-54.83	63.03
m325	1.21	12.16	0.49	-11.67	10.95	-127.88	136.28
	-325	14.96	64.07	4.41	-59.66	-2935.76	3553.20
	100.00	100.00	100.00		49.21	-4861.79	9593.57
			alfa	-0.8158			4.96

mallas	Δ	λ	m	n	p	M	N	P	CC
m6	-33.108	-6.671	6.67	-12.11	5.44	7.29	12.11	18.02	0.8158
m10	-51.480	-10.374	10.37	-18.94	8.46	14.37	18.94	24.31	0.8158
m20	-32.210	-6.490	6.49	-11.79	5.29	11.09	11.79	12.63	0.8158
m70	-29.257	-5.895	5.90	-10.70	4.81	14.36	13.41	12.26	0.8158
m100	-3.957	0.797	-0.80	-0.65	3.79	3.90	3.29	2.95	0.8158
m150	10.357	2.007	2.09	3.79	-1.70	4.62	3.87	2.95	0.8158
m200	13.384	2.637	-2.70	4.90	-2.20	4.45	3.77	2.93	0.8158
m325	4.126	-4.13	7.49	-3.37	5.33	4.67	3.85	0.8158	
-325	97.879	19.723	-19.72	35.81	-16.09	34.58	28.25	20.50	0.8158
						100.00	100.00	100.00	

CIRCUITO MOLINERÍA - CLASIFICADOR HELICOIDAL

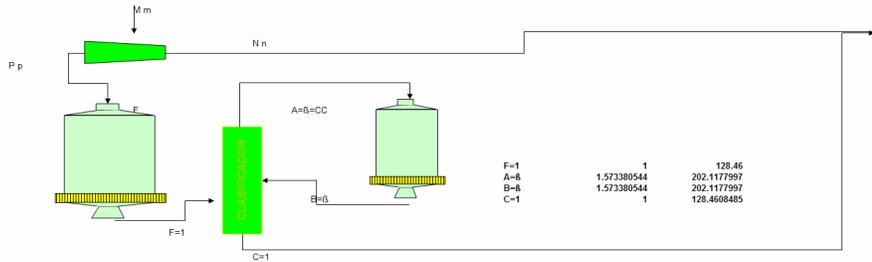
mallas	MOLINO 5X5			MOLINO 4X4			CLASIF			Δ1	λ1
	Alimento	Descarg	f	Alimento	Descarg	f	Rebose	c	(bi - ai) / c		
10	2000	32.77	2.76	0.40	2.46	0.00	4.227136	5.627294	-0.47087396	-0.22582033	-0.067740876
20	850	17.93	6.27	1.35	6.34	0.00	24.940256	31.259648	-1.569728631	-0.22582033	-0.067740876
70	210	17.07	38.67	37.22	56.38	8.31	366.952336	581.537848	0.218322302	0.031408524	0.031408524
100	150	19.00	11.08	16.77	14.79	12.48	3.936256	2.7776	1.721586999	0.247672846	0.247672846
150	105	1.25	8.56	12.24	8.43	13.84	14.561856	20.133216	0.723020155	0.104755238	0.104755238
200	75	0.73	5.87	7.51	3.83	11.36	13.5424	20.19216	0.30304401	0.043596332	0.043596332
325	45	0.49	5.91	6.71	2.52	12.46	17.565856	27.413568	0.031024195	0.004463237	0.004463237
-325	0	4.41	20.88	17.79	5.26	41.55	157.051024	259.149228	-0.961395024	-0.138309271	-0.138309271
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	602.61712	948.146992			

128.46 TMS

1.573380544 CC

6.951052672

mallas	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS CORREGIDOS									
	a1	b1	c1	e	f	b	a	c	CC=(c-f)/(b-a)	
10	0.107	-0.107	0.068	-0.068	2.832	0.507	2.349	-0.065	1.573	
20	0.355	-0.355	0.226	-0.226	6.498	1.707	5.981	-0.226	1.573	
70	-0.049	0.049	-0.031	0.031	38.637	37.171	56.425	8.341	1.573	
100	-0.390	0.390	-0.248	0.248	10.832	16.382	15.178	12.728	1.573	
150	-0.165	0.165	-0.105	0.105	8.459	12.079	8.893	13.945	1.573	
200	-0.069	0.069	-0.044	0.044	5.824	7.443	3.901	11.399	1.573	
325	-0.007	0.007	-0.004	0.004	5.904	6.701	2.531	12.464	1.573	
-325	0.218	-0.218	0.138	-0.138	21.014	18.010	5.042	41.137	1.573	
					100	100	100	100		



CIRCUITO DE MOLINO 3X6 Y CICLON D-10

mallas	REB CLAS		CICLON D-10			MOL 3X6		(c1-c2)/(c4-c2)	(c2-c5)/(c2-c3)	(c2-c3) ²	(c4-c2) ²	Δ1	Δ2
	Al circuito	C1	Alimento	Overflow	Underflow	Descarg	C4						
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	2100.00	7.28	5.74	0.61	9.66	5.23	15.78	-20.14	15.41	0.26	0.81	-0.59	0.81
100	150.00	11.05	13.53	3.65	20.75	15.51	-4.90	-71.32	52.06	0.41	-0.63	0.68	0.41
150	105.00	12.70	20.18	10.28	26.69	25.10	-36.76	-64.48	42.38	24.16	-0.31	0.68	0.41
200	75.00	10.86	17.07	13.15	19.30	20.74	-22.76	-8.72	4.95	13.43	-0.87	0.68	0.41
325	45.00	12.40	14.31	16.41	12.80	15.64	-2.53	-3.16	2.28	1.77	0.03	0.11	0.41
-325	0.00	46.70	29.18	55.50	10.81	17.79	-188.15	-491.17	337.27	129.62	-0.07	0.03	0.03
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-255.89	-658.98	454.35	173.15			

carga circulante C.C. 1.457982948

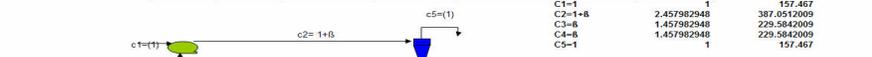
914.8812381 607.50

0.192838547 0.127088327

0.127088327 0.192838547

mallas	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS CORREGIDOS				
	C1	C2	C3	C4	C5
6	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
50	0.0803	-0.0117	0.0803	-0.2262	0.0170
100	-0.0013	-0.0701	-0.0013	-0.1690	0.1022
150	-0.0077	0.0400	-0.0077	0.1173	-0.0584
200	-0.0813	0.0202	-0.0813	0.2494	-0.0294
325	0.0201	0.0249	0.0201	0.0111	0.0290
-325	-0.0101	-0.0033	-0.0101	0.0167	-0.0147

mallas	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS CORREGIDOS					cc=(c5-c2)/(c2-c3)
	C1	C2	C3	C4	C5	
6	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
70	7.198	5.961	9.643	5.113	0.593	1.458
100	11.056	13.099	20.643	15.512	3.575	1.458
150	12.709	20.063	26.748	25.106	10.315	1.458
200	10.941	16.621	19.324	20.854	13.170	1.458
325	12.385	12.836	12.836	15.511	16.430	1.458
-325	45.712	29.158	10.805	17.805	55.917	1.458
	100	100	100	100	100	



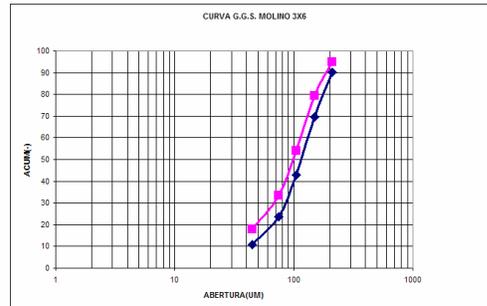
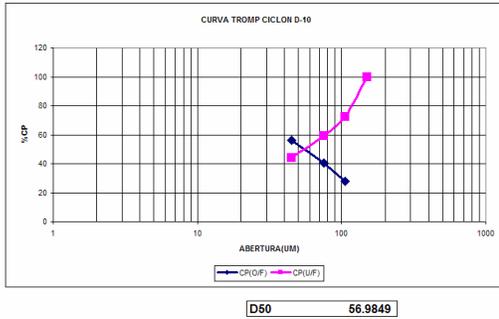
EVALUACION DEL MOLINO 3X6

malla	Abertura(um)	log(abert)	ALIMENTO			DESCARGA		
			%peso	acum(+)	acum(-)	log(Ac(-))	%peso	acum(+)
m10	2000	3.301029996	0.00	0	100	0.00	0	100
m20	850	2.929418926	0.00	0	100	0.00	0	100
m70	210	2.322219295	9.66	9.66	90.34	1.955800086	5.23	94.77
m100	150	2.176991259	20.75	30.405	69.595	1.842579039	15.51	79.26
m150	105	2.021189299	26.69	57.095	42.905	1.632507906	25.10	54.165
m200	75	1.875061263	19.30	76.39	23.61	1.373095987	20.74	33.43
m325	45	1.653212514	12.80	89.19	10.81	1.033825694	15.64	17.79
-325	0		10.81	100	0		17.79	100
			100.00	100.00		100.00	100.00	

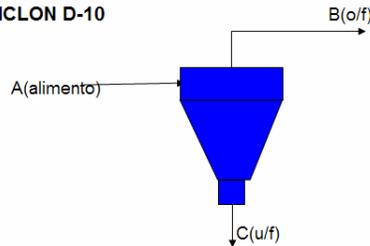
CALCULO DE LA CURVA DE TROMP

malla	Abertura(um)	%PESO OIF O	%PESO UIF U	ALIM RECO O-U	CP(OIF)	CP(UIF)
m10	2000	0.00	0.00	0.00		
m20	850	0.00	0.00	0.00		
m70	210	0.59	9.64	10.24		100
m100	150	3.57	20.64	24.22		100
m150	105	10.32	26.75	37.06	27.83078694	72.16921306
m200	75	13.17	19.32	32.49	40.53036232	59.46963768
m325	45	16.43	12.84	29.27	56.13956271	43.86043729
-325	0	55.92	10.81	66.72	83.80561159	16.19438841
		100.00	100.00			

F80	176.15
P80	148.24
R REDU	1.19



EVALUACION EN EL CICLON D-10



AJUSTE DE MALLAS EN EL CICLON D-10

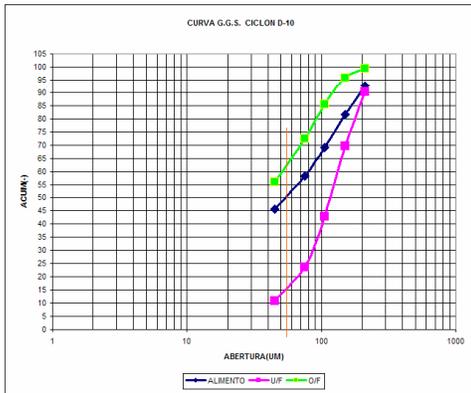
MALLA	A	B	C	c-a	b-a	(c-a)^(b-a)	(c-a)(c-a)
m50	5.74	0.61	9.66	3.93	-5.13	-20.14	15.41
m100	13.53	3.65	20.75	7.22	-9.89	-71.32	52.06
m150	20.18	10.28	26.69	6.51	-9.91	-64.48	42.38
m200	17.07	13.15	19.30	2.23	-3.92	-8.72	4.95
m325	14.31	16.41	12.80	-1.51	2.10	-3.16	2.28
-325	29.18	55.92	10.81	-18.37	26.75	-491.17	337.27
	100.00	100.00	100.00			-658.99	454.35

alfa 1.45 9.11

Δ1	λ.1	a	b	c	A	B	C	CC
0.56	0.06	-0.15	0.06	0.09	5.89	0.54	9.57	1.450
0.58	0.06	-0.16	0.06	0.09	13.69	3.58	20.65	1.450
-0.46	-0.05	0.12	-0.05	-0.07	20.06	10.33	26.76	1.450
-0.69	-0.08	0.19	-0.08	-0.11	16.88	13.23	19.41	1.450
-0.10	-0.01	0.03	-0.01	-0.02	14.28	16.42	12.82	1.450
0.11	0.01	-0.03	0.01	0.02	29.20	55.91	10.79	1.450
					100.00	100.00	100.00	

EVALUACION DEL CICLON D-10

MALLA	ABERT	ALIMENTO			U/F			O/F		
		%peso	ACUM(+)	ACUM(-)	%peso	ACUM(+)	ACUM(-)	%peso	ACUM(+)	ACUM(-)
10	2000	0.00	0	100	0.00	0	100	0.00	0	100
20	850	0.00	0	100	0.00	0	100	0.00	0	100
70	210	7.20	7.278454036	92.72154596	9.66	9.66	90.34	0.61	0.605	99.395
100	150	11.05	18.33271015	81.66728985	20.75	30.405	69.595	3.65	4.25	95.75
150	105	12.70	31.0343255	68.9656745	26.69	57.095	42.905	10.28	14.525	85.475
200	75	10.86	41.89381503	58.10618497	19.30	76.39	23.61	13.15	27.675	72.325
325	45	12.40	54.29855364	45.70144636	12.80	89.19	10.81	16.41	44.08	55.92
-325		-45.70		100	10.81		0	55.92		0
		100.00			100.00			100.00		



TMS O/F	157.47
TMS U/F	229.58
TMS AL CICLON D-6	387.05

ca=%finos del O/F	64
fb=%finos del ALIMENTO	50
gc=%finos del U/F	19

CALCULO DE EFICIENCIA DE CLASIFICACION

EN O/F PARA PARTICULAS MENOR AL D50

$N1 = (0/f) * (TMS(O/F) / TMS(ALIM))$ N1

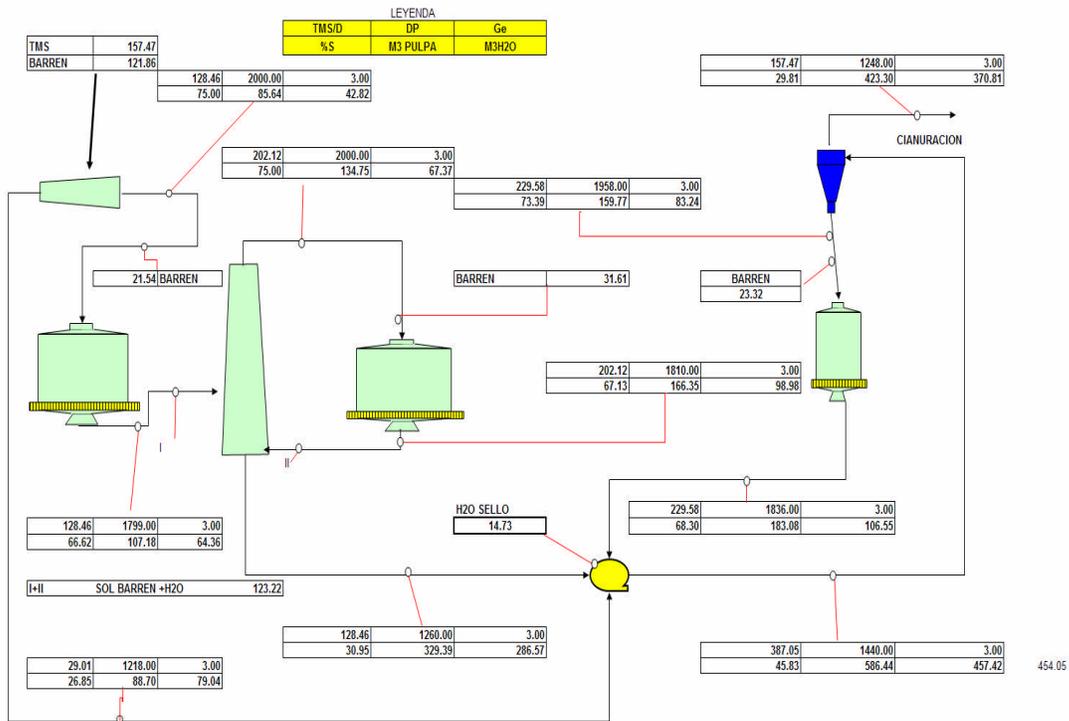
EN U/F PARA PARTICULAS MAYORES AL D50

$N2 = ((100-e) / (100-f)) * (TMS(U/F) / TMS(ALIM))$ N2

EFICIENCIA DE CLASIFICACION = N1 * N2 * 100 **52.511**

BALANCE DE MASA PLANTA DE BENEFICIO CHACCHUILLE

26-Feb-04



5.3.2 : APLICACIONES INDUSTRIALES EN LOS DIAGRAMAS DE FLUJOS

VARIABLES

CIRCUITO	TRATAMIENTO TMS	GRANULOMETRIA DE CIANURACION %-M200	D50(UM)	CAMBIOS MAS RESALTANTES
A1	115	74.13	66.64	CIRCUITO ABIERTO CHANC KUEKEN 18" MALLA 3/8"(ZARAND)
A2	130	71.75	63.4	CIRCUITO CERRADO CHANC KUEKEN 18" MALLA 3/8"(ZARAND)
A3	130	73.2	74.49	CIRCUITO CERRADO CHANC KUEKEN 18" MALLA 3/8"(ZARAND)
A4	150	71.95	65	CIRCUITO CERRADO CHANC TELESMTIH 24" MALLA 1/4"(ZARAND)
B	150	71.1	62.55	CIRCUITO CERRADO CHANC TELESMTIH 24" MALLA 3/16"(ZARAND)
C	150	77.25	54.44	CIRCUITO CERRADO CHANC TELESMTIH 24" MALLA 3/16"(ZARAND)
D	150	73.59	58.75	CIRCUITO CERRADO CHANC TELESMTIH 24" MALLA 3/16"(ZARAND)

INTERPRETACION DE RESULTADOS

El ajuste de variables para cada circuito fue progresivo debido ,se tenia que partir de los recursos existentes tales como equipos, rediseño de proceso y equipos, todos cambios efectuados no alteraron la recuperación del oro mas bien definimos que la liberación optima estuvo en 75%-m200 verificandose este parametro en la industria(ver anexo de balance de materias).

La hoja de calculo fue de mucha importancia para definir el performance metalurgico y desde ya establecer parámetros definidos para cada circuito en aplicación.

El ajuste por mallas por multiplicadores de LAGRANGE por mas complejo sea el circuito se determinara como mostramos en los balances propuestos siendo estos datos metalúrgicos al alcance de todas plantas de tratamiento de mineral no automatizados en especial para pequeña y mediana minería.

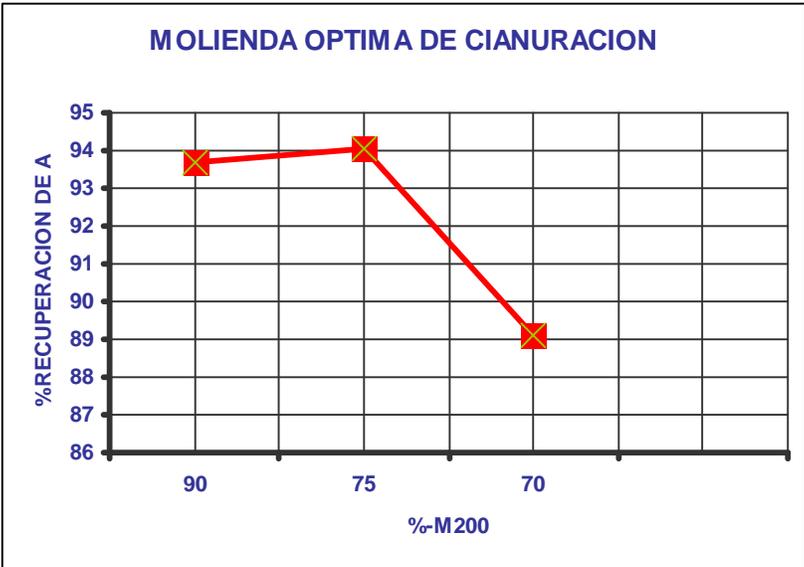
El aprovechamiento al máximo de la capacidad instalada de la planta nos definirá al conocer ciertos parámetros metalúrgicos tales como la granulometría de liberación, D50, carga circulante en los circuitos, etc.

Como por ejemplo partimos con 115 tms de tratamiento en circuito abierto nuestra liberación alcanzó 74.13%-m200 para la cianuración para una recuperación de oro de 95% y haciendo los cambios más próximos de ese entonces se alcanzó 130tms alcanzando la liberación a 72%-m200 manteniendo la recuperación de oro y con una variación de circuito cerrado de chancado secundario. Así en esos aspectos va tomando su variabilidad según su situación actual de tratamiento. (foto 24 y 25)

5.4 MOLIENDA ÓPTIMA DE CIANURACION.

Las pruebas metalúrgicas definen que la liberación o molienda óptima es de 75% - m200. Para deducir cierto parámetro se realizaron pruebas de cianuración en laboratorio a tres moliendas diferentes tal como:

- Cianuración Molienda 90% - m200
- Cianuración Molienda 75% - m200
- Cianuración molienda 70%- m200



CIANURACION A MOLIENDA 90%-M200**BALANCE METALURGICO**

PRODUCTO	PESO(G) VOLUMEN(CC)	LEY Au		CONTENIDO (g)	RECUPERACION %Au	CONSUMO REACTIVO(Kg/tn)	
		g/m3	g/tn			NaCN	NaOH
Solucion CN	525.00	7.01		16.36	93.70	2.204	2.22
Solidos CN	225.00	1.10		1.10	6.30	PH	12.54
Cbza calcul				17.46	100.00		

CIANURACION A MOLIENDA 75%-M200**BALANCE METALURGICO**

PRODUCTO	PESO(G) VOLUMEN(CC)	LEY Au		CONTENIDO (g)	RECUPERACION %Au	CONSUMO REACTIVO(Kg/tn)	
		g/m3	g/tn			NaCN	NaOH
Solucion CN	525.00	7.10		16.57	94.04	2.134	2.22
Solidos CN	225.00	1.05		1.05	5.96	PH	12.39
Cbza calcul				17.62	100.00		

CIANURACION A MOLIENDA 70%-M200**BALANCE METALURGICO**

PRODUCTO	PESO(G) VOLUMEN(CC)	LEY Au		CONTENIDO (g)	RECUPERACION %Au	CONSUMO REACTIVO(Kg/tn)	
		g/m3	g/tn			NaCN	NaOH
Solucion CN	525.00	6.81		15.89	89.83	1.87	2.22
Solidos CN	225.00	1.80		1.80	10.17	PH	12.48
Cbza calcul				17.69	100.00		

CUADRO RESUMEN

PRUEBAS	MOLIENDA %-M200	PH	LEY CABEZA Gr Au/tn	REL Au/T	SOLUCION Gr Au/m3	RECUPERACION % Au
1	90	12.54	17.45	1.1	7.01	93.7
2	90	12.34	16.98	1.3	6.72	92.34
3	75	12.39	17.61	1.05	7.1	94.03
4	75	11.71	17.71	1.05	7.14	94.07
5	70	12.48	17.69	1.8	6.812	89.82

5.4.1 CINETICA DE DISOLUCION DE MINERAL DE CABEZA

MOLIENDA	TIEMPO LIXIVIACION (HORAS)	RELAVE SOLIDOS (g Au/tn)	CONSUMO NACN G CNNa/TM	PH	% RECUPERACION
90%-m200	8	7.4	3.2	11.33	66.52
90%-m200	12	5.85	3.3	11.5	73.53
90%-m200	16	3.36	3.62	11.36	84.79
90%-m200	20	1.6	3.8	11.36	92.76
75%-m200	8	7.15	3.02	11.26	67.65
75%-m200	12	4.53	3.22	11.2	79.47
75%-m200	16	3.05	3.45	11.55	86.2
75%-m200	20	1.15	3.55	11.62	94.8

BALANCE METALURGICO(20 HORAS LIXIVIACION) 75%-M200

PRODUCTO	PESO/VOL gr/cc	LEY Au g/t g/m3	CONTENIDO g Au	%RECUP Au	PH	CONSUMO NACN KG/TMS
Solucion CN	500	8.38	20.95	94.80	11.62	3.55
Solidos CN	200	1.15	1.15	5.20	F%CN	0.158

Cabeza calculada

22.1

100.00

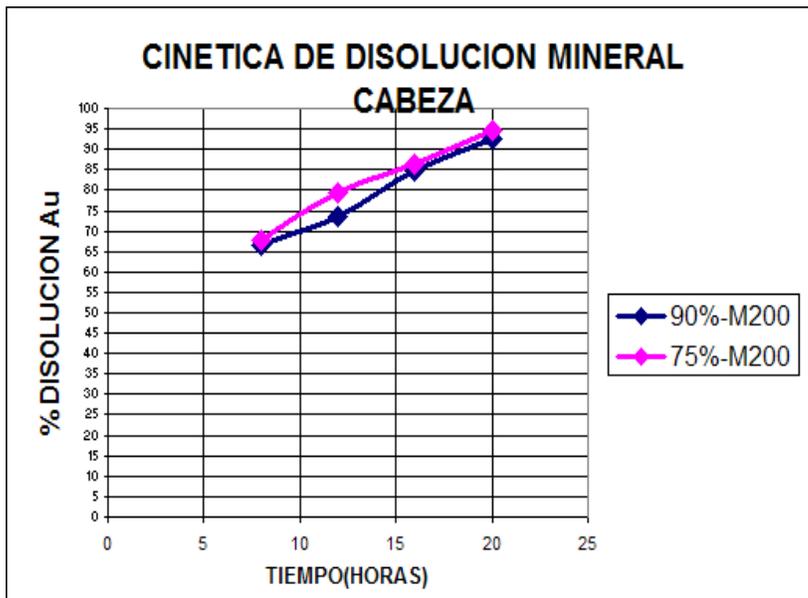
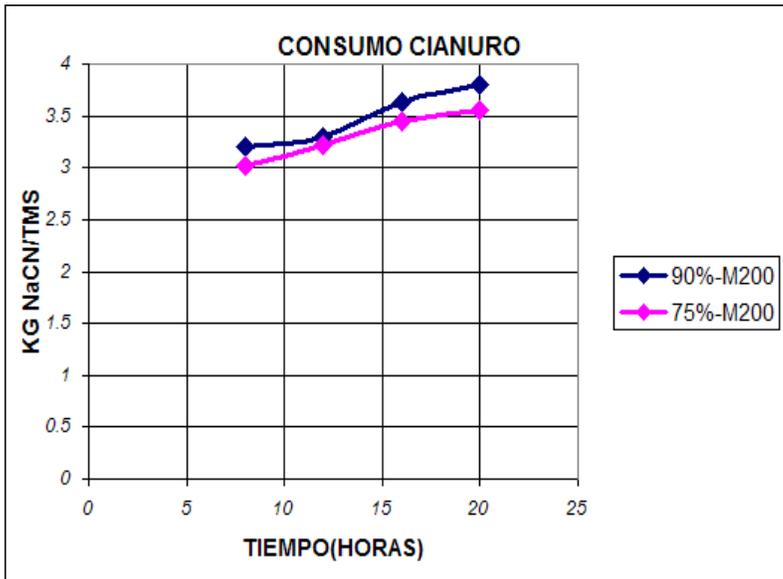
BALANCE METALURGICO(20 HORAS LIXIVIACION) 90%-M200

PRODUCTO	PESO/VOL gr/cc	LEY Au g/t g/m3	CONTENIDO g Au	%RECUP Au	PH	CONSUMO NACN KG/TMS
Solucion CN	500	8.2	20.5	92.76	11.36	3.8
Solidos CN	200	1.6	1.6	7.24	F%CN	0.148

Cabeza calculada

22.1

100.00



5.4.2 ANALISIS VALORADA DEL MINERAL DE CABEZA DE CIANURACION (LABORATORIO METALURGICO)

Es de suma importancia que la cianuración del oro en el circuito molienda y clasificación alcanza por encima de 90% de Disolución y la sección de tanques de lixiviación y adsorción con un tiempo de residencia de 13 horas alcanzando los objetivos requeridos cuales continúan siendo puntos de evaluación.

Prueba metalúrgica de Análisis valorada por mallas de mineral de cabeza define que el mineral a 100%-m150 tiene una disolución promedio de 92%.

CIANURACION A CONDICIONES DE PLANTA (15 HORAS)

TABLA 5.3

MOLIENDA

75%-M200

MALLA	ABERTURA(Um)	%PESO	MINERAL DE CABEZA			RELAVE DE CIANURACIÓN(15 HORAS)			%
			LEY(Au/tms)	CONTENIDO g Au	DISTRIBUCI ON %Au	LEY(Au/tms)	CONTENIDO g Au	DISTRIBUCI ON %Au	DISOLUCION Au
m100	150	1.44	72.6	1.05	4.91	26.33	0.38	21.55	63.73
m150	105	10.05	15.7	1.58	7.41	2.05	0.21	11.71	86.94
m200	75	14.54	19	2.76	12.98	1.4	0.20	11.57	92.63
m325	45	18.43	21.2	3.91	18.35	1.65	0.30	17.28	92.22
-325		55.54	21.6	12.00	56.35	1.2	0.67	37.88	94.44
TOTAL				21.29	100.00		1.76	100.00	91.74

**5.5 BALANCE METALURGICO TRATAMIENTO
ABRIL 2004**

1.-MINERAL DE TRATAMIENTO

	TMS	LEY Au g/tn	CONTENIDO g Au	DISTRIBUCION	
				%TMS	%CONT METAL
M. OXIDOS	4236.68	21.79	92296.97	92.07	93.39
REL AMALGAM	364.88	17.90	6531.35	7.93	6.61
TOTAL	4601.56	21.48	98828.32	100.00	100.00

2.-DATOS DE OPERACIÓN	MINERAL	RELAVES AMALGAMACION
HORAS TRABAJADAS	639.50	58.75
DIAS TRABAJADAS	26.65	2.45
OVER FLOW(O/F)		
DENSIDAD PULPA g/l	1.24	1.25
GRAVEDAD ESPECIFICA	2.94	2.95
%-M100	93.25	96.08
%-M200	71.29	75.11
PH	10.6	10.61
CN	0.053	0.053
RELAVE GENERAL		
PH	10.2	10.15
CN	0.029	0.027
TMSPD	159.00	149.06
TMSPH	6.62	6.21
FLUJO DE PULPA(M3/H)	17.76	16.64
TIEMPO RESIDENCIA(HORAS)		
LIXIVIACION	2.74	2.92
ADSORCION	10.98	11.71
TIEMPO TOTAL	13.71	14.63

3.- CONSUMO REACTIVOS

	MINERAL	REL AMALGAMACION	PROMEDIO
CIANURO DE SODIO(Kg/TMS)	2.37	2.05	2.21
SODA CAUSTICA(Kg/TMS)	1.16	1.23	1.20

4.-CONSUMO DE BOLAS

TAMAÑO DE BOLAS	MOL 5X5	MOL 4X4	MOL 3X6	TOTAL
3"				
2 1/2"	860			
2"	560	315		
1 1/2"		315		
1"			360	
	1420	630	360	2410

CONSUMO DE ELEMENTOS MOLEDORES(Kg bolas/TMS)

0.52

5.-MOVIMIENTO DE CARBON

FECHA	PESO HUMEDO	%H2O	PESO SECO	LEY Au g/kg	CONTENIDO	ACUMULADO
25-Abr	1244.70	33.74	824.74	21.32	17583.42	17583.42
02-May	1241.10	34.44	813.67	27.83	22644.30	40227.72
04-May	1244.10	34.1	819.86	22.07	18094.35	58322.07
12-May	1287.40	34.5	843.25	24.32	20507.77	78829.84
16-May	1099.10	33.56	730.24	22.56	16474.26	95304.10

BALANCE METALURGICO

PRODUCTO	TMS	LEY g Au/TMS	CONTENIDO g Au	CONTENIDO COLAS(g Au)	RECUPERACION %Au
MINERAL	4236.68	21.79	92296.97	6018.5	93.48
RELAVE AMALGAMACION	364.88	17.90	6531.35	703.53	89.23
TOTAL	4601.56	21.48	98828.32	6722.03	93.20

BALANCE DE ORO MENSUAL(g de Au)

INGRESO

Au DE CABEZA ALIMEN TACION	98828.32
Au EN CARBONES DEL MES ANTERIOR	44366.50
TOTAL Au de INGRESO	143194.82

SALIDA

Au EN COSECHA DE CARBONES	95304.10
Au EN COLAS DE TRATAMIENTO(RELAVE GENERAL)	6722.03
Au EN AMALGAMA	4802.20
Au EN CARBONES PARA EL PROXIMO MES	39383.90
TOTAL SALIDA	GRAMOS Au 146212.23

DIFERENCIA (+)	3017.41
----------------	---------

PRODUCCION MENSUAL DE ORO

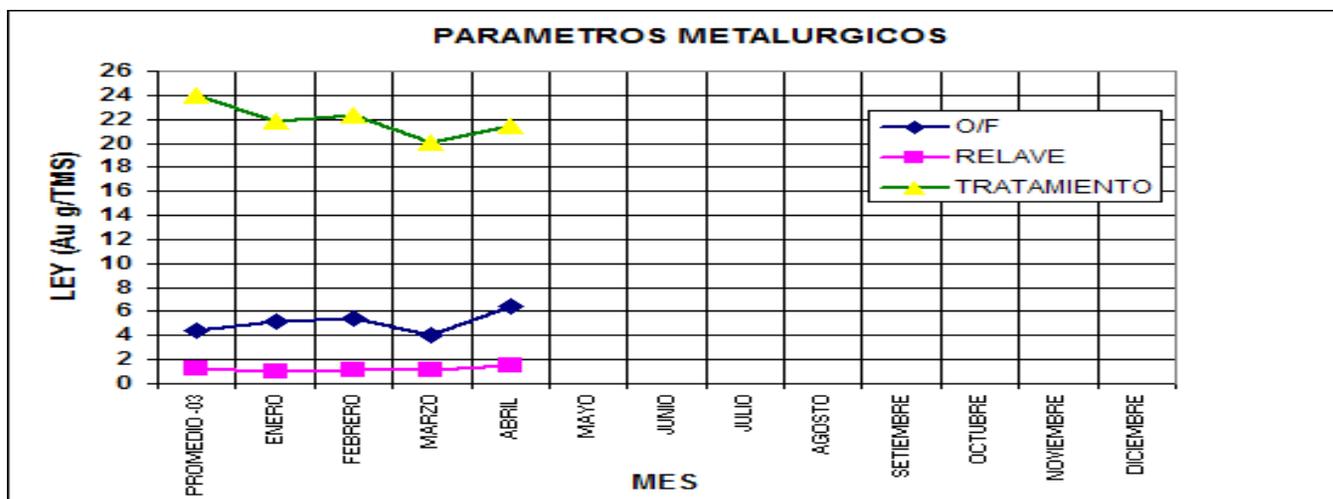
Au EN COSECHA DE CARBONES	95304.10
Au EN AMALGAMA	4802.20
Au EN CARBONES PARA EL PROXIMO MES	39383.90
	139490.20
MENOS Au EN CARBONES DEL MES ANTERIOR	44366.50
TOTAL PRODUCCION	95123.70

BALANCE ECONOMICO MENSUAL

	TMS	4601.56		
	CONSUMO UNITARIO	COSTO	GASTO TOTAL	COSTO
CIANURO DE SODIO(Kg/TMS)	2.21	1.15		2.54
HIDROXIDO DE SODIO(Kg/TMS)	1.20	0.365		0.44
BOLAS DE ACERO	0.52	0.61		0.32
ENERGIA(KW-H/TMS)	31.96	0.167		5.34
CARBON(Kg/TMS)	0.2	2.5		0.50
MANO DE OBRA			12000	2.61
LABORATORIO(MUESTRA/TMS)	0.105	5		0.53
OTROS			10117.41	2.20
COSTO DE TRATAMIENTO POR TONELADA(\$/TMS)				14.47

5.5.1 CONTROL DE PARAMETROS METALURGICOS 2004

	LEY(Au g/TMS)			DISOLUCION DEL ORO(%Au)		TMSPD	PRODUCCION g Au	TOTAL(TMS) TRATAMIENTO	RECUPERACION TEORICA(%)
	O/F	RELAVE	TRATAMIENTO	C. MOLIENDA	CIRC. TOTAL				
PROMEDIO -03	4.42	1.21	23.99	78.41	94.96	148.55	98639.00	4167.9	94.99
ENERO	5.21	1.04	21.85	87.97	95.24	151.30	93204.00	4368.77	94.42
FEBRERO	5.37	1.15	22.31	90.13	94.85	156.12	110789.58	5074.08	94.04
MARZO	4.05	1.09	20.05	91.62	94.56	159.72	89974.11	4459.05	93.60
ABRIL	6.38	1.46	21.47	92.54	93.20	158.16	95123.70	4601.56	91.97
MAYO									
JUNIO									
JULIO									
AGOSTO									
SETIEMBRE									
OCTUBRE									
NOVIEMBRE									
DICIEMBRE									
RENDIMIENTO			89.50	118.02	98.15	106.47	96.44	110.40	96.82



5.5.2 PARAMETROS METALURGICOS 2003

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TMS MINERAL	3608.63	3665.83	3936.53	3708.36	3732.73	3521.87	3733.62	4066.68	3707.73	3984.1	4184.87	4165.19
LEY MINERAL	22.79	24.78	24.34	25.35	24.69	25.69	22.36	23.77	24.99	25.59	25.42	25.61
TMS REL AMALGAMACION	431.26	355.51	349.63	399.66	436.95	379.1	322.86	316.37	315.01	308.71	381.21	318.19
LEY REL AMALGAMACION	18.48	12.89	17.28	15.5	14.3	15.77	16.58	21	20.67	22.19	16.44	20.1
TMS TOTAL	4039.89	4021.34	4286.16	4108.02	4169.68	3900.97	4056.48	4383.05	4022.74	4292.81	4566.08	4483.38
LEY ACUMULADO	22.33	23.73	23.77	24.40	23.60	24.73	21.90	23.57	24.65	25.35	24.67	25.22
C. METAL TOTAL g Au	90194.45	95410.12	101865.82	100215.42	98412.82	96471.58	88852.45	103321.15	99156.32	108823.05	112630.4	113082.45
TMSPD	153.30	152.53	148.98	149.16	144.40	144.59	146.40	149.95	147.96	148.72	145.53	150.07
KW-H/TMS	25.74	27.78	29.37	29.44	29.24	30.55	29.76	25.25	25.25	29.87	26.5	26.67
DENSIDAD PULPA CN-	1.247	1.245	1.244	1.244	1.242	1.245	1.245	1.245	1.242	1.245	1.245	1.245
GRAV ESPECIFICA	2.92	2.943	2.95	2.92	2.91	2.91	2.88	2.89	2.9	2.92	2.92	2.91
%-M100	89.28	91.272	90.52	90.95	91.23	95.37	95.81	97.12	97.67	95.22	94.65	95.74
%-M200	73.81	75.717	75.52	75.8	76.03	76.57	75.63	78.44	79.32	74.95	73.65	75.74
FLUJO DE PULPA M3/Hr	17.21	17.02	16.75	16.75	16.47	16.27	16.17	16.91	16.73	16.52	16.57	16.76
RESIDENCIA(horas)	12.3	12.44	12.64	12.64	13.21	13.4	13.46	14.27	14.42	14.63	13.49	15.97
NaCN Kg/TMS	2.411	2.295	2.321	2.19	2.07	1.8	2.009	2.12	1.98	2.04	2.084	2.17
NaOH Kg/TMS	0.826	0.826	0.805	0.766	0.975	0.915	0.832	1.01	1.01	1.09	1.11	1.09
BOLAS Kg/TMS	0.625	0.676	0.665	0.391	0.625	1.24	0.71	0.65	0.615	0.79	0.625	0.71
% RECUPERACION DE Au	94.85	95.36	94.66	94.84	94.49	95.39	94.98	95.16	94.52	94.79	94.61	95.60
HORAS DE TRABAJO	632.45	632.75	690.5	661	693	647.5	665	701.5	652.5	692.75	753	717
COSTO DE TRATAM \$/TMS	12.06	13.115	12.643	13.16	13.21	13.71	12.458	11.66	11.83	13.21	15.82	13.2
O/F PH	10.53	10.53	10.53	10.53	10.49	10.49	10.5	10.47	10.49	10.5	10.53	10.55
O/F %CN	0.044	0.045	0.046	0.046	0.045	0.045	0.045	0.044	0.045	0.045	0.045	0.055
COLAS PH	10.24	10.34	10.36	10.28	10.22	10.22	10.26	10.22	10.15	10.29	10.15	10.23
COLAS %CN	0.021	0.024	0.024	0.024	0.023	0.024	0.025	0.026	0.025	0.023	0.024	0.031
LEY DE COLAS g Au/TMS	1.15	1.1	1.27	1.26	1.3	1.14	1.1	1.14	1.35	1.32	1.33	1.11
KG DE CIANURO	9740	9230	9950	9000	8660	7050	8150	9300	7980	8130	9516	9730
KG DE SODA CAUSTICA	3340	3320	3450	3150	4025	3570	3380	4430	4100	4680	5100	4890

5.6 PRUEBAS METALURGICAS CON MINERAL SULFURADO

5.6.1 LIXIVIACION-CIANURACION DEL MINERAL SULFURADO DE LA VETA ESPERANZA NIVEL 1730.

Con la finalidad de encontrar los parámetros operativos y metalúrgicos para este mineral refractario, se realizaron pruebas a nivel experimental con proyección a su aplicación a nivel de la planta para tratamiento de mineral oxidado.(ver anexo II-A)

El Plan de Trabajo fue el siguiente :

1. Pruebas de Moliendabilidad.
2. Pruebas de Cianuración a diferentes mallas , tiempos de cianuración y alcanilidad.
3. Pruebas de Adsorción.
4. flotacion y cianuracion de concentrados
5. blending oxido(Eperanza 2070) con sulfuro
6. blending oxido (alimentación planta de beneficio) con sulfuros

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD :

En los cuadros y diagrama que presenta a continuación, se puede observar :

- Las leyes del mineral representativo que nos fuera proporcionado por el Departamento de Geología.
- La curva de Moliendabilidad define el grado de liberación que requerimos alcanzar en nuestra molienda.

Para nuestro caso es llevarlo a una molienda 75%-200mallas(similar logrado en planta) y otra a 90%-200mallas (molienda fina).

PRUEBAS DE CIANURACION :

1. CIANURACION EN BOTELLA :

Inicialmente se realizo una prueba exploratoria de cianuración en botella en 15 horas para molienda de 78% y 90% -200mallas respectivamente, los resultados fueron como sigue:

	%DISOLUCION Au	CONSUMO NACN(kg/tms)	pH
78%-200mallas	86.01	18.10	12.6
90%-200mallas	87.18	23.11	12.6

Ambas pruebas fueron realizadas con concentraciones altas de cianuro libre:

Inicial	1%CN-		
Final	0.26%(78%-200m)de CN-	0.2%(80%-200m) de CN-	

2. CIANURACION EN BALDE(30 HORAS DE CIANURACION)

Como segunda etapa de la prueba metalúrgica tiene como objetivo bajar el consumo de cianuro , manteniendo la recuperación de oro, para lo cual se hicieron las pruebas con mayor cantidad de muestra(3 Kg mineral) para tener un mejor control en las concentraciones de cianuro libre y PH.

	%DISOLUCION Au	CONSUMO NACN(kg/tms)	pH
75%-200mallas	90.05	9.55	11.08
90%-200mallas	78.2	11.39	10.9

Para ambas pruebas las concentraciones de cianuro de concentración moderadamente altas en las primeras 5 horas(0.3%CN-) de la prueba y luego mantener la fuerza de cianuro libre en 0.15%CN-(30 horas de lixiviación).

3. CIANURACION EN BALDE DE 20 HORAS

Continuando con las pruebas y tratando de bajar el consumo de cianuro se hace la variante de adición de peroxido de hidrogeno H2O2 manteniendo la concentración de cianuro libre(0.15%CN-) durante las 20 horas de prueba y a una molienda de 80%-200mallas.

	%DISOLUCION Au	CONSUMO NACN(kg/tms)	pH
Con peroxido hidrogeno H2O2			
80%-200mallas	81.95	5.85	10.85
Sin peroxido de hidrogeno H2O2			
80%-200mallas	87.16	6.35	10.83

4. CIANURACION EN BOTELLA

La variante es buscar la molienda optima de cianuracion y vemos que mejores resultados son obtenidos de cianuracion se tienen con estas botellas de cianuracion y la cianuracion de molienda fina(100%-m200) en 20 horas y molienda (75%-m200) en 15 horas .

	%DISOLUCION Au	CONSUMO NACN(kg/tms)	pH
75%-200mallas	90.34	7.7	10.85
100%-200mallas	90.9	7.72	10.65

Para ambas pruebas las concentraciones de cianuro es de 0.15%.

5. CIANURACION EN BOTELLA CONCENTRADO DE FLOTACION

La cianuracion de concentrados de flotacion a 100%-m200 durante 15 horas de agitaci3n se tiene recuperaciones de 82.66 y 85.63%de oro.

6. CIANURACION EN BOTELLA CON ADICION DE CIANURO DESDE LA MOLIENDA

No es notorio la mejora de disoluci3n el cual se tiene una recuperacion 88.45% de disoluci3n del oro durante 15 horas de lixiviaci3n, siendo su consumo de cianuro de 5.97Kg/tms,manteniendo la fuerza de cianuro de 0.15%

7. CIANURACION EN BOTELLA DE LOS SULFUROS DE VETA ESPERANZA 1730 FRACCIONADO EN TRES PARTES

Para verificar el comportamiento metalurgico frente a una cianuracion es dividida el nivel de la veta y luego comparar con la pruebas del composito general (mineral de cabeza) vemos no hay mucha discrepancia en cuanto a sus resultados los cuales son clasificados como MI, MII Y MIII .

20 horas de lixiviaci3n,80%-m200,fuerza CN 0.15%

	MI	II	MIII
Au g/tn	21.8	15.06	17.93
Ag g/tn	13.95	8.92	12.7
% sulfuro	20	9	22

%recuperacion	85.97	80.51	82.82
Consumo NaCN(kg/tn)	9.46	4.39	6.65
Relave(Au g/tn)	3	2.65	2.7
pH	10.51	11.24	10.55

8. MINERAL OXIDADO Y BLENDING

El blending realizado de oxido/sulfuro el comportamiento metalurgico tiene cierta expectativa a las condiciones propuesta el cual se continuara evaluando.

	%RECUP	RELAVE(Au g/tn)	CONSUMO NaCN
OXIDADO)	89.85	7.1	3.06
OXI/SUL 1/1	95.11	1.78	4.67
OXI/SUL 3/2	95.52	1.98	4.39
OXI/SUL 3/1	96.11	1.9	3.94

9. MINERAL OXIDADO ALIMENTO DE PLANTA Y BLENDING

Similar comportamiento que parte (8).

	%RECUP	RELAVE(Au g/tn)	CONSUMO NaCN
OXI/SUL 1/1	89.37	1.7	3.69
OXI/SUL 3/2	91.26	1.45	3.55
OXI/SUL 3/1	88.34	2.25	3.48

5.6.2 B.)LIXIVIACION-CIANURACION DEL MINERAL SULFURADO DE LA VETA ESPERANZA NIVEL 1760.

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento metalurgico del mineral sulfurado en busca de una alternativa de tratamiento viable inmediato y posterior del mineral en mencion.(ver anexo II-B)

RESUMEN

Por la mineralización cambiante de los oxidos hacia los sulfuros y tambien sobre el agotamiento de los oxidos y para poder continuar nuestras operaciones es necesario buscar un tratamiento alternativo de minerales sulfurados a corto y largo plazo.

Como primera prueba experimental es el acondicionamiento del mineral sulfurado a las condiciones operativas de la planta actual cianuración directa (molienda 75%-m200)condiciones de planta y otra a molienda fina de 90%-m200 para evaluar su comportamiento metalúrgico para este proceso teniendo como resultados de 70%de disolución de oro para ambas granulometrías de liberación.

La implementación de etapas previas de tratamiento como la concentración por flotacion, gravimetría-flotación, demostraron que el oro esta asociado en los sulfuros en un 90%.para ello se determino la molienda optima de flotación que esta en 55 a 60%-m200.

La cianuración de los concentrados de flotación y gravimetría –flotación se obtuvieron resultados no satisfactorio lo que nos obliga a continuar buscando otras alternativas de tratamiento y aplicar industrialmente si es económicamente factible.

RESULTADOS

➤A condiciones actuales de molienda de nuestra planta de beneficio logramos una disolución de 70% de oro.

➤ A una molienda fina de 90%-m200 se tiene un elevado consumo de cianuro y manteniendo la disolución en 65.50%

8 horas de cianuración	consumo NaCN/TMS	disolución Au
90%-m200	10.53	65.5
75%-m200	3.05	67.91

➤ La explicación de que con una molienda mas fina hay un elevado consumo de cianuro es como consecuencia de mayor liberación de

elementos cianicidas sin que se incremente la liberación de oro de los sulfuros (mineral refractario). Ir a moliendas extremadamente finas serían muy honorosas.

- Como una alternativa inmediata de tratamiento es incluir los sulfuros como parte del blending del tratamiento diario en un 7 a 10% del total, para que no tenga un efecto bien significativo sobre la recuperación y como podemos observar el cuadro tentativo de blending.
- En un 30% de oro se encuentra en la malla -m200 el cual se concluiría de que el oro está ocluido o encapsulado en esta malla.
- La flotación de los sulfuros se obtiene concentrados de 30 g Au/tn con una recuperación promedio de 90%.
- El problema radicaría en buscar el tratamiento adecuado tanto para los concentrados de flotación y/o flotación-gravimetría buscando una solución económicamente viable para su tratamiento y/o comercialización.
- La molienda óptima de flotación es de 55-60%-m200 siendo esta granulometría también la adecuada para la concentración gravimétrica (o la combinación de ellos).
- Los sulfuros están íntimamente asociados al oro en un 90%.
- Los resultados de estas pruebas metalúrgicas son específicos para la zona puntual de muestreo pero desconociendo su comportamiento mineralógico y metalúrgico hacia la profundidad del avance de la mina.

5.7 ADSORCION CON CARBON ACTIVADO

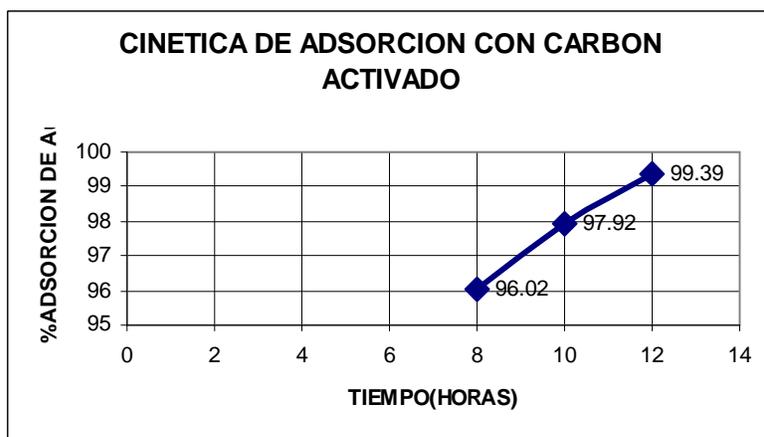
5.7.1 CINETICA DE ADOSRCION MINERAL DE TRATAMIENTO (SOLUCION DEL CIRCUITO)

CONDICIONES OPERATIVAS DE PRUEBA METALURGICA

600cc de solucion rica 6.54g Au/m³

20 g de carbon activado

HORAS	S. BARREN	%ADSORC
8	0.26	96.02
10	0.136	97.92
12	0.04	99.39



5.7.2 ADSORCION CON CARBON ACTIVADO DE MINERAL SULFURADO

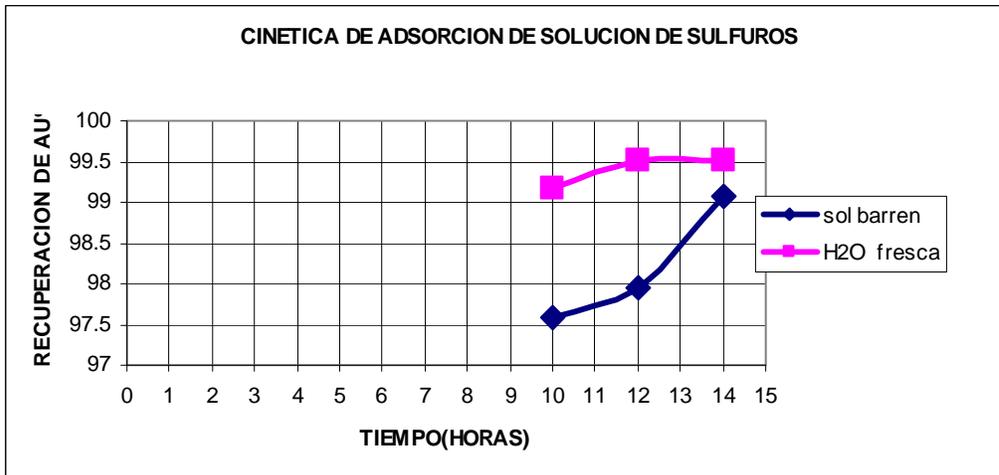
Se muestra la cinética de adsorción en carbón activado teniendo como tiempo óptimo de adsorción de 8.5 y 10.5 horas con la solución obtenida de la prueba, que no hay mucha discrepancia con lo que se tiene en planta.

Para verificar esta acondicionante se realizan las pruebas con agua fresca y solución barren como soluciones lixiviantes, siendo la solución barren de una cinética más lenta de adsorción como mostraremos:

SIMULACION DE ADSORCION EN CIRCUITO DE LA PLANTA EN LABORATORIO METALURGICO

SOLUCION RICA (g Au/m ³)		10 horas/EFICIENCIA		12 horas EFICIENCIA		14 horas EFICIENCIA		16 horas EFICIENCIA	
5.38	sol barren	0.13	97.58364312	0.11	97.9553903	0.05	99.070632	0.047	99.1263941

		8.5 horas/ EFICIENCIA		10.5 horas EFICIENCIA		12.5 horas/ EFICIENCIA		14.5 horas/ EFICIENCIA	
5.828	agua fresca	0.088	98.49004804	0.048	99.1763898	0.028	99.5195607	0.028	99.5195607



5.8 BALANCE DEL CIANURO DE SODIO

➤ CIANURO LIBRE



➤ CIANURO DEBIL(CN(WAD))



➤ CIANURO TOTAL(CN(T))



CN⁻(ANION CIANURO)

HCN(CIANURO DE HIDROGENO)

METAL-CN(COMPLEJO METAL CIANURO)

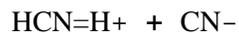
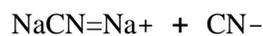
CON⁻(CIANATO)

SCN⁻(THIOCIANATO)

S₂O₃²⁻(THIOSULFATO)

5.8.1 REACCIONES COMUNES DE CIANURO

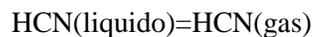
DISOCIACION



COMPLEJACION



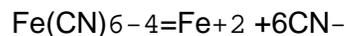
VOLATILIZACION



OXIDACION



FOTOLISIS



FORMACION DE THIOCIANATOS



HIDRÓLISIS



NITRIFICACION



RELACION CIANURO METAL

ESPECIES	METAL(mg/L)	CN(mg/L)
Ag(CN) ₂ ⁻	1	0.48
Au(CN) ₂ ⁻	1	0.26
Cu(CN) ₂ ⁻	1	0.82
Cu(CN) ₃ ⁻²	1	1.23
Hg(CN) ₂ ⁻	1	0.26
Fe(CN) ₆ ⁻⁴	1	2.8
Zn(CN) ₃ ⁻	1	1.19
Zn(CN) ₄ ⁻²	1	1.59

5.8.2 DEGRADACION NATURAL DEL CIANURO

LOS MECANISMOS Y FACTORES QUE AFECTAN LA DEGRADACIÓN NATURAL VOLATILIZACION(90%)

DISOCIACION

HIDRÓLISIS

FOTOLISIS

PH

TEMPERATURA

BIODEGRADACION

AEREACION

RELACION AREA DE LA SUPERFICIE/VOLUMEN

VENTAJAS DE LA DEGRADACION NATURAL

Es relativamente barato que opera a concentraciones <0.1mg/L para complejos de hierro-cianuro que se descomponen con la luz solar.

Ningún derivado tóxico conocido

Las concentraciones de metales residuales también se redujeron .

DESVENTAJAS

Metodo de tiempo intensive

Requiere grandes areas de tierra

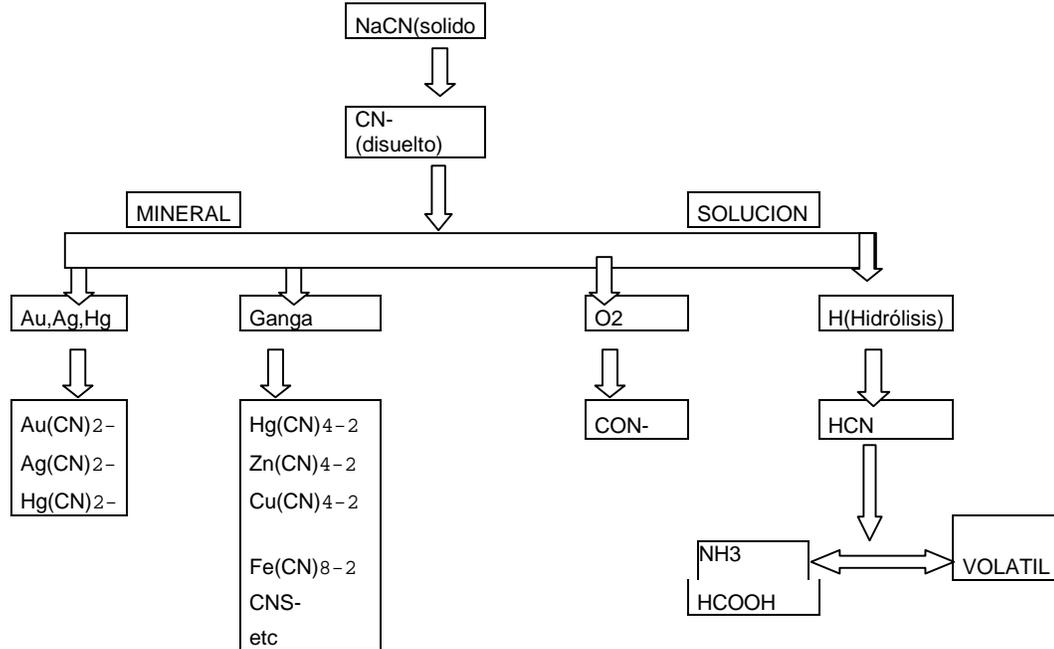
Difícil o imposible de controlar

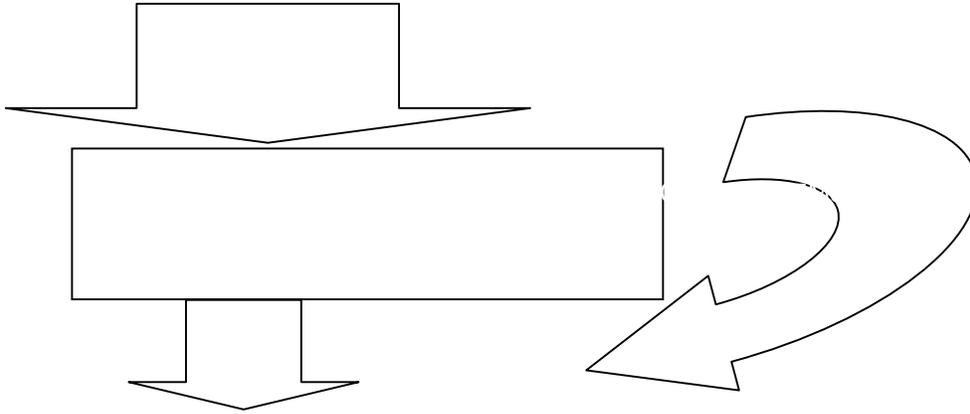
EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CONSTANTE DE DEGRADACION COMPLEJOS METALES-CIANURO PARA PH=7

METAL-CIANURO	K1TEMP 40C(h-1)	K2TEMP 200C(h-1)
NaCu(CN) ₃	0.00183	0.00550
NaZn(CN) ₄	0.023	0.049
NaNi(CN) ₄	0.00042	0.00097
K ₃ Fe(CN) ₆	0.000031	0.000090

5.8.3 BALANCE DE AGUA Y CIANURO

RUTA DEL CONSUMO DE CIANURO





RELAVE DE CIANURACIÓN

%CN 0.025
PH 10.25

250	g NaCN	→	1 M3
X	g NaCN	→	370 M3

X= 92500 g NaCN

RECIRCULACION(75%) HACIA LA PLANTA DE CIANURACIÓN

g
69375 NaCN

CIANURO EN LA CANCHA DE RELAVES

g
23125 NaCN

BALANCE MENSUAL EN LA CANCHA DE RELAVES

TRATAMIENTO 4200 TMS PROMEDIO

23125	g NaCN	→	150 TMS MINERAL
X	g NaCN	→	4200 TMS MINERAL

X= 647500 g NaCN

CONSUMO EN OPERACIÓN MENSUAL DE CIANURO

9240 Kg de NaCN

CONSUMO EN EL PROCESO AL MES

8592.5 Kg de NaCN

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El reto de nuestro país es la lucha contra la pobreza y los nuevos valores morales con la disminución de ellos nuestra sociedad entendera y fomentara la educación ambiental.
- Las programas de capacitacion y entrenamiento son fundamentales para mejorar la calidad de vida de nuestros trabajadores y las comunidades de la zona de influencia.
- La generacion de drenage acido por la presencia de minerales sulfurados no constituira un impacto potencial debido a su ubicación geografica(clima tipico de la costa,escasa agua en la zona de influencia)
- La identificación de los aspectos ambientales significativos sera de mucha importancia para controlar y mitigar sobre los impactos adversos del GEMA(Gente,equipo,materiales y ambiente).
- La optimizacion de nuestro proceso metalurgico es de mucha importacia para definir el performance metalurgico del mineral de tratamiento , siendo este un punto importante en el crecimiento de nuestro tratamiento.
- Las prioridades de la suscripción de la politica, lineamientos generales respecto al cuidado del medio ambiente y la optimizacion de los procesos es de suma importancia.
- La remision de los reglamentos, procedimientos y dispociones internas ambientales que norman las actividades de los trabajadores hace que sean elementos claves de la eficiencia de gestion.
- Respecto al uso futuro de la tierra de la zona de influencia de la actividad minera, no seran de beneficio debido a su carácter rocoso,arido, tipico de desierto.
- La disolucion de 85-90% en el circuito de molienda y clasificacion, hace que el tiempo de residencia en los tanques sea un promedio de 13 horas(solo exclusivo para la adsorcion sobre el carbon).

- La molienda optima de cianuracion para el mineral oxidado es de 75%-m200.
- La formulación matemática(multiplicadores de Lagrange) para el ajuste de mallas en los diferentes circuitos aplicados, la determinación de parámetros metalurgicos nos definieron el performance metalúrgico de nuestra planta.
- Por la mineralización cambiante de los oxidos hacia los sulfuros se estan desarrollando pruebas metalurgicas que determine un tratamiento alternativo económico de minerales sulfurados que es de gran expectativa para la continuidad de nuestras operaciones.
- El 90% de oro esta asociado en los sulfuros(veta ESPERANZA 1760) , siendo su molienda optima de flotacion de 55-60%-m200.
- La cianuracion de mineral sulfurado(vetya esperanza 1730)la granulometria de liberación no tiene influencia en la mejora de disolucion del oro como:

20horas CN	%DISOLUCION	CONSUMO(KG NaCN/TN)	PH
75%-M200	90.34	7.7	10.85
100%-M200	90.9	7.72	10.65

RECOMENDACIONES

- Las organizaciones de hoy en día están en medio del cambio de paradigmas que prometen mayores cambios en cómo la gente y el trabajo son dirigidos. Las hipótesis de la administración del medio ambiente deben cambiar con ellos. Para operar efectivamente, la función de la gestión ambiental debe rediseñarse así misma.
- La ética ambiental es plantear acerca de la moralidad de las relaciones entre los humanos y el resto de la naturaleza. ¿Los humanos tienen obligaciones, deberes y responsabilidades con el entorno natural? Si es así, ¿Cómo sopesamos estas obligaciones y responsabilidades frente a los valores e intereses humanos?. La sostenibilidad implica la gestión de todos los valores y recursos naturales y humanos para incrementar la riqueza y el bienestar a largo plazo de todos.
- Vivimos en un mundo creciente de industrialización, desarrollo, uso de recursos, urbanización, etc. Todos provocan cambios rápidos al medio ambiente. Los ingenieros están en la línea frontal de los esfuerzos de la humanidad para cambiar, aprovechar y moldear el medio ambiente.
- El futuro necesitará estar en condiciones de desarrollar estrategias de prevención de impactos que contengan necesidades técnicas e incluir estrategias de desarrollo organizacional para implementar los cambios técnicos también. Obviamente la habilidad establecida para hacer llegar el cambio de los sistemas socio técnicos para la gestión ambiental, tales como las competencias claves como el muestreo comportacional y las metodologías de cambio de cultura requerirán una educación ambiental diferente de lo que actualmente se ofrece.
- la búsqueda de tecnología limpia en la minería se determinará cuando desarrollemos las investigaciones sobre un proceso que relacionara directamente la calidad de un producto (ecoeficiente), que actualmente con la globalización tenemos que realizar por la subsistencia de una organización productiva.

VII BIBLIOGRAFÍA

- ESTEBAN M. DOMIC M. “Hidrometalurgia fundamentos, procesos y aplicaciones”.
- MARSDEN, JOHN Y HOUSE, “The chemistry of Gold Extraction”.
- LEONARD AUSTIN-FERNANDO CONCHA, Diseño y simulación de circuitos de molienda y clasificación.
- BHAPPU, ROSHAN (1984), “Química y Aspectos Prácticos económicos de la recuperación de minerales de oro y plata”.
- STEWART, ANDREW L. (1984), “gold ore processing today”.
- A. J. LYNCH ,Mineral crushing and grinding circuits
- IVAN QUIROZ NUÑEZ, Ingeniería metalúrgica operaciones unitarias en procesamiento de minerales.
- LARRY W. CANT (1998), Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, McGRAW-HILL
- XXV CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS (2001), Temas de Metalurgia, Arequipa – Perú.
- XXVI CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS (2003), Temas de Metalurgia, Arequipa – Perú.
- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU (2000), Tercer Congreso Nacional de Minería, Huaraz – Perú.
- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU (2002), Cuarto Congreso Nacional de Minería, Ica – Perú.
- COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ SAC, (2000-2003) Informe de los trabajos de

investigación metalúrgicas desarrollados sobre el mineral oxidado y sulfuro.
Dpto. Planta de Beneficio.

- SERVICIOS COMPLETO EN INGENIERIA S.R.L. (2001), Informe N° 045-2001 Compañía Minera Caravelí al Ministerio de Energía y Minas.
- ARA INGENIEROS – SRL. Abri11997, "Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.)".- Ampliación de la Planta de Beneficio Chacchulle de 20 TM/día a 100 TM/día.
- BUREAU OF MINES (1998). Mine drainage end surface mine reclamation Pennsylvania, American Society for Surface Mining and Reclamation.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES, V guía ambiental para elaborar estudio de impacto ambiental. DGAA del MEM.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES, IX Guía Ambiental para el Cierre y Abandono de Minas. DGAA del MEM.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES, XIX Guía de Fiscalización Ambiental.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES, Guía de Relaciones Comunitarias.
- INRENA, "Mapa Ecológico del Perú", Zonas de Vida.
- RUEDA QUINTANA, EDINSON (2003), Tesis de grado de Ingeniero de Minas, UNI-FIGMM, Lima – Perú.
- LEWETT, V y SHAN, A (1996), El Profesional de la Salud y Seguridad Ocupacional págs. 49 – 54.
- INGEMMET, Boletín No.34: Carta Geológica Nacional.- Geología de los

Cuadrángulos de Jaquí, Coracora, Chala y Chaparra. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

- MIGUEL DE LA TORRE, Curso de disposición de relaves -Postgrado UNI-FIGMM

- 3er Congreso internacional de medio ambiente y minería(Lima)

CAPITULO VIII ANEXOS