

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y
METALURGICA**



**LIXIVIACIÓN EN PILAS Y RECUPERACIÓN DE ORO CON
CARBÓN ACTIVADO (PROCESO CIC) EN LA MINA DE
QUICAY**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO METALURGISTA

RICHARD JULIAN CORSINO GUERRERO

Lima – Perú

2007

A mis padres

Julián Corsino Guillen

Josefina Guerrero Quintana

Por todo el amor y apoyo que siempre me brindan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la superintendencia de la compañía minera Chancadora Centauro S.A.
Ing. Jhon Velásquez Palacios y a la Gerencia General durante mi estadía en la
Planta

INDICE	Pág.
CAPITULO I	
GENERALIDADES	6
1.1 UBICACIÓN Y ACCESO	6
1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN	6
CAPITULO II	
DESCRIPCION DEL PROCESO	10
2.1 GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	10
2.2 MINADO	11
2.3 PLANTA	13
2.3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA DE MINERAL	13
2.3.2 LIXIVIACIÓN DEL MINERAL	14
2.3.3 ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO	17
2.3.4 DESORCIÓN Y ELECTRODEPOSICIÓN	20
2.3.5 TRATAMIENTO DE CATODOS ELECTROLITICOS Y FUSIÓN	22
2.3.6 REACTIVACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO	23
CAPITULO III	
FUNDAMENTOS DE LA CIANURACIÓN	25
3.1 QUIMICA Y MECANISMO DE LA CIANURACIÓN DE ORO	25
3.2 CINETICA DE LA REACCIÓN	27
3.3 PROBLEMAS COMUNES EN LA LIXIVIACIÓN DE PILAS	29
CAPITULO IV	
PAD DE LIXIVIACIÓN	32
4.1 TOPOGRAFIA DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRA LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN	32
4.2 RIESGO DE SISMICIDAD	32
4.3 ESTUDIO DEL SUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA	33
4.4 DISTANCIA DE LA MINA HACIA EL PAD	34
4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN	34
4.5.1 RETIRO DEL PISO ORGANICO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO	34
4.5.2 SISTEMA DE SUB DRENES	34
4.5.3 SISTEMA DE REVESTIMIENTO	35
4.5.4 SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN	36

4.5.5 SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS (S.C.F)	37
4.5.6 CANAL DE SOLUCIÓN	37
4.6 CIERRE DE LOS PADS DE LIXIVIACIÓN	40
CAPITULO V	
MANEJO OPERATIVO DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN	41
5.1 CARACTERISTICAS DE LA CELDA DE LIXIVIACIÓN	42
5.2 PROGRAMA DE CARGUIO DEL MINERAL HACIA EL PAD	42
5.3 RIEGO DE LA CELDA DE LIXIVIACIÓN	45
5.3.1 RIEGO POR GOTEO	46
5.3.2 RIEGO POR ASPERSIÓN	47
5.4 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	48
5.5 MEDICIÓN DE FLUJOS DE RIEGO EN TODAS LAS CELDAS DEL PAD Y MEDICIÓN DE LOS FLUJOS QUE PERCOLA DEL PAD	50
5.7 OPTIMIZACIÓN DE LA CAL Y CEMENTO	52
CAPITULO VI	
POZAS DE OPERACIÓN DE LA MINA DE QUICAY	54
6.1 POZA Nro. 1 POZA DE SOLUCIÓN PREGNANT	54
6.2 POZA Nro. 2 POZA DE SOLUCIÓN BARREN	54
6.3 POZA Nro. 3 POZA DE MAXIMOS EVENTOS	54
6.4 POZA Nro.4 POZA DE SOLUCIÓN BARREN	54
6.5 POZA Nro.5 POZA DE HIDRÓLISIS	54
CAPITULO VII	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA POZA Nro. 4	56
7.1 BALANCE DE AGUA	56
7.2 ESTUDIO DEL SUELO	58
7.3 CONSTRUCCIÓN DE LA POZA	59
7.3.1 SISTEMA DE SUBDRENAJE	59
7.3.2 POZA DE MONITOREO DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE	60
7.3.3 SISTEMA DE REVESTIMIENTO	60
7.3.4 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUGAS (SRF)	61
7.3.5 ALIVIADEROS Y DEMASIAS Nro. 1 Y Nro. 2	62
CAPITULO VIII	
DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA NUEVA BOMBA DE LIXIVIACIÓN	65
8.1 ALTURA DINAMICA TOTAL (ADT)	65
8.2 CURVA DEL SISTEMA – PUNTO DE OPERACIÓN	66
8.3 PERDIDAS EN TUBERIAS	67

8.4 POTENCIA DE LA BOMBA	69
8.5 CURVAS DE LA BOMBA CENTRIFUGA	69
8.6 CAVITACIÓN DE LAS BOMBAS	71
8.7 NSPH (NET POSITIVE SUCCIÓN HEAD)	72
8.8 DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO	75
8.8.1 CALCULO DE LA ADT Y POTENCIA DE LA BOMBA	77
8.8.2 CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE Y NSPHdisponible	83
8.8.3 COSTOS TOTAL DE INSTALACION DEL EQUIPO DE BOMBEO	85
CAPITULO IX	
PLANTA DE ADSORCIÓN (CIC)	86
9.1 CARACTERISTICAS DE LOS CIRCUITOS DE ADSORCIÓN	87
9.2 OPERACIÓN DE LA PLANTA DE ADSORCIÓN	88
9.3 BALANCE METALURGICO DE LA PLANTA DE ADSORCIÓN	89
CAPITULO X	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN	91
10.1 CARBÓN EN COLUMNA (CIC)	91
10.2 DISEÑO DEL LECHO FLUIDIZADO DE CARBÓN ACTIVADO	92
10.2.1 TAMAÑO DE PARTICULA DEL CARBÓN ACTIVADO Y VELOCIDAD ESPECÍFICA	92
10.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN	94
10.2.3 COSTOS DE FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN	98
CAPITULO XI	
INSTALACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE DESORCIÓN	100
11.1 DESORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO	100
11.2 DESORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO EN LA MINA DE QUICAY	103
11.3 PRIMERA DESORCIÓN	105
11.4 COMPARACIÓN DE COSTOS DE DESORCIÓN Y FUNDICIÓN EN LIMA Y LA MINA DE QUICAY	106
11.5 CAMBIOS EN EL CIRCUITO DE DESORCIÓN	107
11.6 COSTOS FINALES EN EL CIRCUITO DE DESORCIÓN	110
11.7 CONSTRUCCIÓN DEL SEGUNDO REACTOR Y BOYLER	111

CAPITULO XII	
PRUEBAS METALURGICAS EN LA PLANTA	115
12.1 PRUEBAS DE ADSORCIÓN DE ORO	115
12.2 PRUEBA DE CARGA DE EQUILIBRIO PARA LA LEY DE SOLUCIÓN RICA DE LOS CIRCUITOS DE ADSORCIÓN CIC	117
12.3 CARBÓN FINO GENERADO EN LA PLANTA	120
CAPITULO XIII	
USO DEL ANTICRUSTANTE EN LA PLANTA	121
13.1 FORMACIÓN DEL CARBONATO	121
13.2 ANTICRUSTANTES	122
13.3 BALANCE DE CARBONATOS EN PLANTA ADR	124
CAPITULO XIV	
RECUPERACIÓN MENSUAL Y ACUMULADA EN LA PLANTA	127
CAPITULO XV	
COSTOS OPERATIVOS EN LA PLANTA	129
CAPITULO XVI	
PLANTA DE DETOXIFICACIÓN DE SOLUCIONES CIANURADAS	130
16.1 OPERACIÓN DE LA PLANTA DE DETOXIFICACION	130
16.2 COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE DETOXIFICACIÓN	132
CAPITULO XVII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFIA	136
ANEXOS	137
A. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO METALURGICO	
B. OPERACIONES METALURGICAS EN LA MINA QUICAY	
C. VISTA DE PERFIL DEL PAD Nro. 4 DEL DEL PAD DE LIXIVIACIÓN	
D. VISTAS DE LA POZA Nro. 4	
E. PLANO DEL CIRCUITO DE ADSORCIÓN Nro. 3	
F. PLANO DE DISEÑO DEL REACTOR DE DESORCIÓN A ALCOHOL	
G. VISTA ISOMETRICA DEL CIRCUITO DE DESORCIÓN A ALCOHOL	
H. DIAGRAMA DE FLUJO DE UN CIRCUITO A PRESIÓN	
I. CONSUMO DE ENERGIA DE LA PLANTA	
J. TABLA DE DATOS DE TUBERIAS DE HDPE	
K. HOJAS MSDS DE LOS REACTIVOS QUIMICOS	

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN Y ACCESO

Las operaciones de la mina se ubica en el paraje denominado Quicay que es un cerro de 90 a 100 m. de elevación dentro de la comunidad campesina de Santa Ana de Pacoyan, perteneciente al distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco y Departamento de Pasco, el área de influencia de las operaciones comprende 250 hectáreas las altitudes varia entre 4200 a 4400 msnm, y se encuentra a 20Km. de la capital del departamento de Cerro de Pasco. Las operaciones se encuentra en las coordenadas: 8° 8'17,400N y 349,100E, del sistema UTM, zona 18 del Esferoide Internacional.

El acceso a la mina se efectúa por vía terrestre a través de la carretera central. Siguiendo la ruta Lima – Cerro de Pasco de 305kms. Al llegar a la ciudad de Cerro de Pasco se toma el desvío hacia el paraje de Quicay de 20kms de carretera afirmada, el tiempo estimado de viaje por carretera es de 7horas.

1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN.

Esta zona presenta una geografía propia de la región puna, predominan pastos naturales, tierra de baja calidad para uso agrario. El clima predominante presenta característica de frío seco y nubosidad la temperatura varia de -4°C a 15°C, los datos climáticos son provenientes de la estación Cerro de Pasco (Altitud: 4400 msnm Latitud: 10.45 ° Sur Longitud 76.10 ° Oeste), ubicado a 20Km. al Oeste del Cerro Quicay, en el grafico Nro. 1 se muestra la ubicación de la mina.

La precipitación total anual promedio es de 1337.9mm y la evaporación anual promedio es 407.3mm se tiene una estación lluviosa durante los meses de verano (octubre a abril), y una estación casi seca durante los meses de invierno (mayo a septiembre), la temperatura media anual promedio es de 5.58C° y la humedad relativa media anual promedio registrada oscila muy poco durante el año, siendo el valor medio de 76.6% representativa a nivel anual, la velocidad del viento media mensual alcanza en promedio un valor de 21.7m/s equivalente a 78.4km/h, la cual se clasificaría como viento muy fuerte (> 60Km/h).

En la tabla Nro. 1 y grafico Nro. 2 se muestran las características del clima, y en el grafico Nro.3 se muestra la vista general de toda la mina.

Grafico Nro. 1 Ubicación Mina Quicay

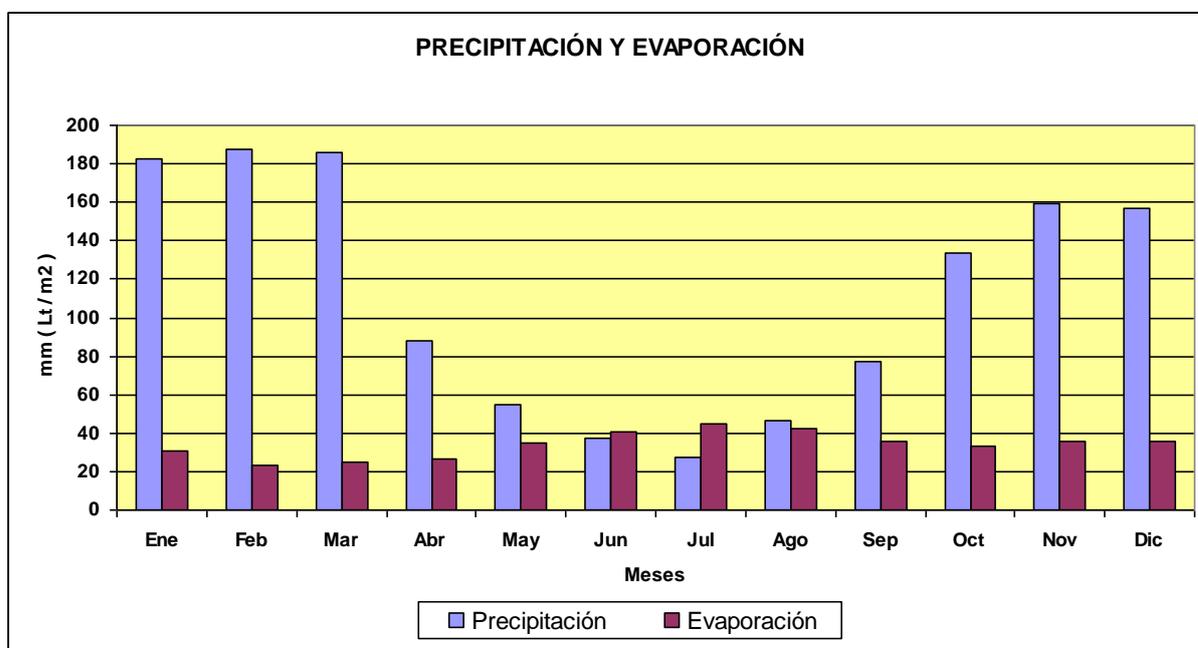


Características del clima en la unidad minera Quicay

Tabla Nro. 1

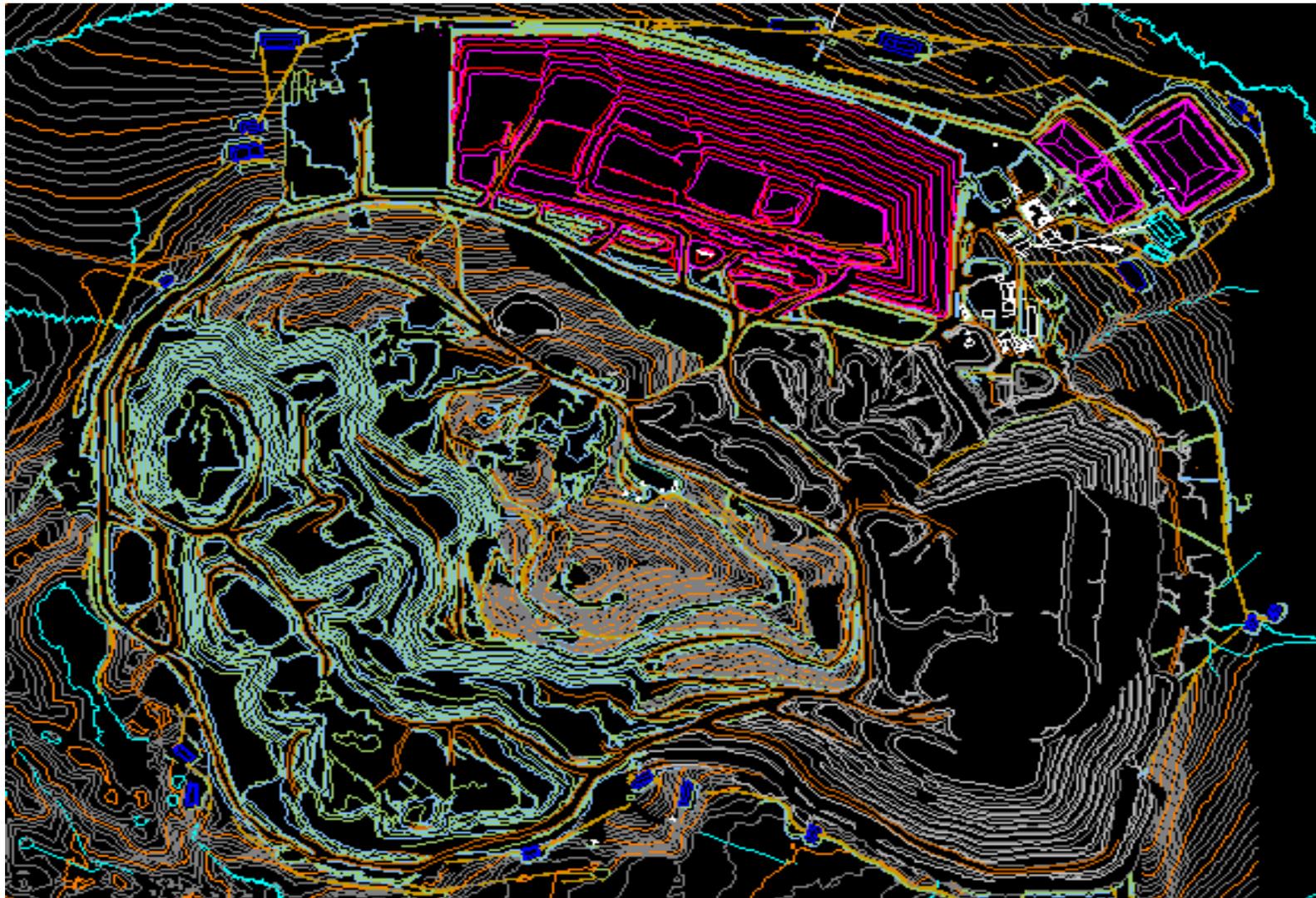
Parámetros	Unid.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Días.		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		365,0
Temperatura máx..	° C	12	10,9	11,4	13	12,2	12,8	12,5	13	12,1	12,5	12,6	13	12,33	
Temperatura med.	° C	6,35	5,85	6,05	6,25	5,1	4,4	4,35	5,05	5,3	5,9	5,95	6,45	5,58	
Temperatura min.	° C	0,7	0,8	0,7	-0,5	-2	-4	-3,8	-2,8	-1,5	-0,7	-0,7	-0,1	-1,16	
Humedad Relativa.	(%)	76	79	78	78	77	82	77	74	76	76	75	72	76,67	
Velocidad del Viento	(Km./h)	69,6	36	36	69,6	69,6	103,2	103,2	103,2	139,2	139,2	36	36	78,40	
Precipitación.	mm	182,4	187,8	186,3	87,9	54,9	37	27,5	46,8	77,1	133,9	159,5	156,8	111,49	1337,9
Evaporación.	mm	30,8	23,2	24,9	26,2	34,9	40,3	44,4	42,5	35,6	33,2	35,4	35,9	33,94	407,3

Grafico Nro. 2



VISTA GENERAL DE LA MINA QUICAY

Grafico Nro. 3



CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO

2.1.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

El yacimiento de Quicay está emplazado en una estructura volcánica, cuyo origen probablemente este compuesto por tres fases; la primera corresponde a una fase piroclástica, luego vendría el emplazamiento de lavas de composición andesíticas, dacíticas y en la etapa final sería la inyección de rocas intrusivas dioríticas del tipo porfido monzonítico cuarífero.

El yacimiento de Quicay ha sido caracterizado como un depósito epitermal del tipo ácido sulfato de alta sulfuración, con la presencia de mineralización de oro diseminado de baja ley.

El oro está asociado a horizontes de brecha intrusiva silicificada, disminuyendo los valores cuando la brecha contiene mayores porcentajes de fragmentos argílicos. En las zonas argílicas (sericita – cuarzo – argílico), que rodean a las alteraciones silíceas y sílice - argílicos, la presencia de valores de oro disminuyen fuertemente y no son zonas de mineralización económicamente importantes. Existen algunas zonas de alteración argílica avanzada, con contenidos de oro marginales; sin embargo, la mayor alteración es sílice-argílica, variando ésta en su contenido de silicificación de la parte central a más argílica hacia los bordes, donde disminuyen los valores.

Los cuerpos mineralizados y la mineralización económica asociada se presentan dentro de horizontes que tienen una tendencia a inclinarse entre 20° a 45°, principalmente al Este, intercaladas con horizontes argílicos de baja ley.

La mineralización con valores económicos de oro está asociada a los cuerpos de sílice, brechas silíceas y a los óxidos de hierro como hematita y limonita, las mismas que alcanza profundidades entre 80m a 100m de la superficie. La relación de Ag con el oro esta en promedio de 4 a 1, teniendo leyes desde 0.15grAu/TM hasta 1.5grAu/TM con una solubilidad de 80 a 85% de oro. La presencia de mineralización más profunda ha sido ubicada por algunos de los sondajes diamantinos, en zonas de sulfuros.

2.2 MINADO

La explotación del yacimiento se realiza por el método a Cielo Abierto, con rampas de doble vía con una gradiente de 10% y un ancho de 12m. La producción diaria esta en promedio de 8000TMPD. Los trabajos de perforación se realiza con una perforadora tipo Top Jamer hidráulica Marca Tamrock Pantera 1500 y para la voladura se emplea un camión de fábrica de la Empresa Dyno Samex.

El transporte de mineral y desmonte (ratio de desbroce de 3 a 1) se realiza con volquetes convencionales de 15m³ de capacidad, los equipos de carguío utilizados son Excavadoras Caterpillar 345 y 330, Cargadores Frontales Cat. 120 y 150, para la remoción se utilizan Tractor Cat D8R y D6D y para el arreglo de vías se utiliza Moto niveladoras.

Los principales parámetros del Tajo Abierto son:

- Altura de banco = 6.0m.
- Talud de Banco = 65°
- Talud final = 45°
- Ancho vías de acceso = 12m.

Desde el inicio de la operación de minado en Quicay se viene trabajando en los tajos Sur, Centro y Norte, con una ley de Catt Off de 0.17grAu/TM, en la foto Nro. 1, 2 y 3 se observa la voladura del mineral, los polígonos de mineral y el carguío de mineral hacia el Pad.

Foto Nro. 1 Voladura del Mineral



Foto Nro. 2 Polígonos de Mineral

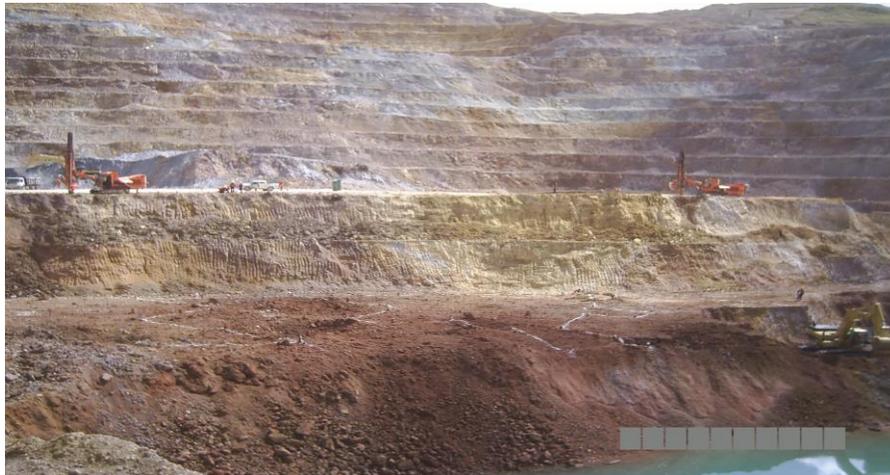


Foto Nro. 3 Carguio del Mineral



2.3 PLANTA

El mineral extraído del tajo es colocado sobre la plataforma de lixiviación y regado con solución alcalina de cianuro de sodio. La solución cargada es colectada en la poza de solución rica y luego bombeada a la planta de recuperación ADR para extraer el oro y plata por el proceso de carbón activado (CIC), obteniéndose luego las barras de Bullion (oro/plata), en el siguiente cuadro se muestra el proceso metalurgico.



Al mes se carga a la pila 250000TM de mineral con una ley promedio de oro de 0.6grAu/TM, la recuperación promedio acumulada esta en 69% de oro, en el grafico Nro.4 se muestra el diagrama de flujo simplificado de la planta.

El método de tratamiento para el mineral de Quicay contempla las siguientes etapas:

2.3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA DE MINERAL

El mineral procedente de mina con una humedad promedio de 7% es transportado en volquetes de 15m³ hacia el Pad de lixiviación que esta completamente impermeabilizado. Para formar la celda de lixiviación; primero se construye una rampa de acceso en uno de los extremos del Pad hasta alcanzar una altura de 8m, el material utilizado es desmonte en la parte externa y mineral en la parte interna del Pad.

Los volquetes cargados de mineral se posesionan sobre la capa impermeabilizada y se estacionan a unos metros del borde de la celda para iniciar la descarga. Durante y la descarga se forma un apilado al cual se le adiciona cemento Pórtland y cal viva para formar aglomerados (partículas finas con las gruesas) y proporcionar la alcalinidad protectora adecuada. La adición del cemento Pórtland más cal viva (0.70 +0.55) están en una proporción de 1.25Kg./TM, y reducen el riesgo de descomposición del cianuro y generación de emanaciones tóxicas.

Posteriormente este mineral apilado es empujado por un tractor de orugas (CAT D6R) formando la pendiente del talud que corresponde al ángulo de reposo del mineral. La descarga sucesiva permite que la pila se extienda hacia adentro y al centro del pad hasta que la capa impermeabilizada esté totalmente cubierta con mineral.

Cada celda consta de un área promedio de 3500m², equivalente a 45000TM de mineral.

2.3.2 LIXIVIACIÓN DEL MINERAL

Una vez que se depositó el mineral en la extensión promedio de 3500m² se procederá a realizar la remoción en la parte superior de la celda debido a que esta ha sido compactada por el tránsito de los vehículos durante el acarreo del mineral. Para esta etapa empleamos un tractor de orugas CAT D8R de mayor capacidad.

Posteriormente, se procederá a instalar la red primaria de tuberías de riego cuya matriz es de 8"Ø con reducciones 4"Ø y la red secundaria con tuberías de 3"Ø y 2"Ø donde van instalado los aspersores wobbler Nro.7.

La lixiviación se llevará a cabo con solución alcalina de cianuro de sodio (manteniendo el pH entre 10.0 y 10.5) para evitar pérdidas de cianuro por descomposición en gas cianhídrico (HCN). La concentración de cianuro libre en la solución lixivante es de 150ppm y un consumo promedio de NaCN de 0.10Kg/TM de mineral.

Se riega con un caudal promedio de 590m³/h de solución lixivante a una tasa de riego de 8.5L/hxm² de área transversal. La solución que percola a través de la pila de mineral con una velocidad de percolación de 1.5m/día es colectada por un sistema de tuberías de drenaje construido sobre la geomembrana de polietileno que cubre todo el piso de la plataforma de lixiviación. La solución colectada llega hacia los sumideros y por intermedio de una tubería de HDPE SDR 17 de 18" de diámetro que se encuentra en un canal impermeabilizado llega hasta la poza de solución rica (Pregnant) de donde la solución se bombea a los circuitos de adsorción con carbón activado.

La solución pobre que sale de los circuitos de adsorción descargan en la poza barren donde se bombea a la pila de lixiviación previa corrección de la concentración de cianuro de sodio y de alcalinidad protectora cerrando así el ciclo en circuito cerrado, que garantiza un proceso con efluente líquido cero. El ciclo completo de Lixiviación es de 60 días, en las fotos Nro. 4, 5 y 6 se observan la formación y el riego de la celda de mineral.

Para evitar la formación de incrustación de carbonatos en las tuberías y el carbón activado se utiliza el anticrustante Sokalan AS5 a una concentración de 6 ppm que vuelven solubles a los compuestos de calcio y magnesio.

Foto Nro. 4 Descarga del Mineral en el Pad



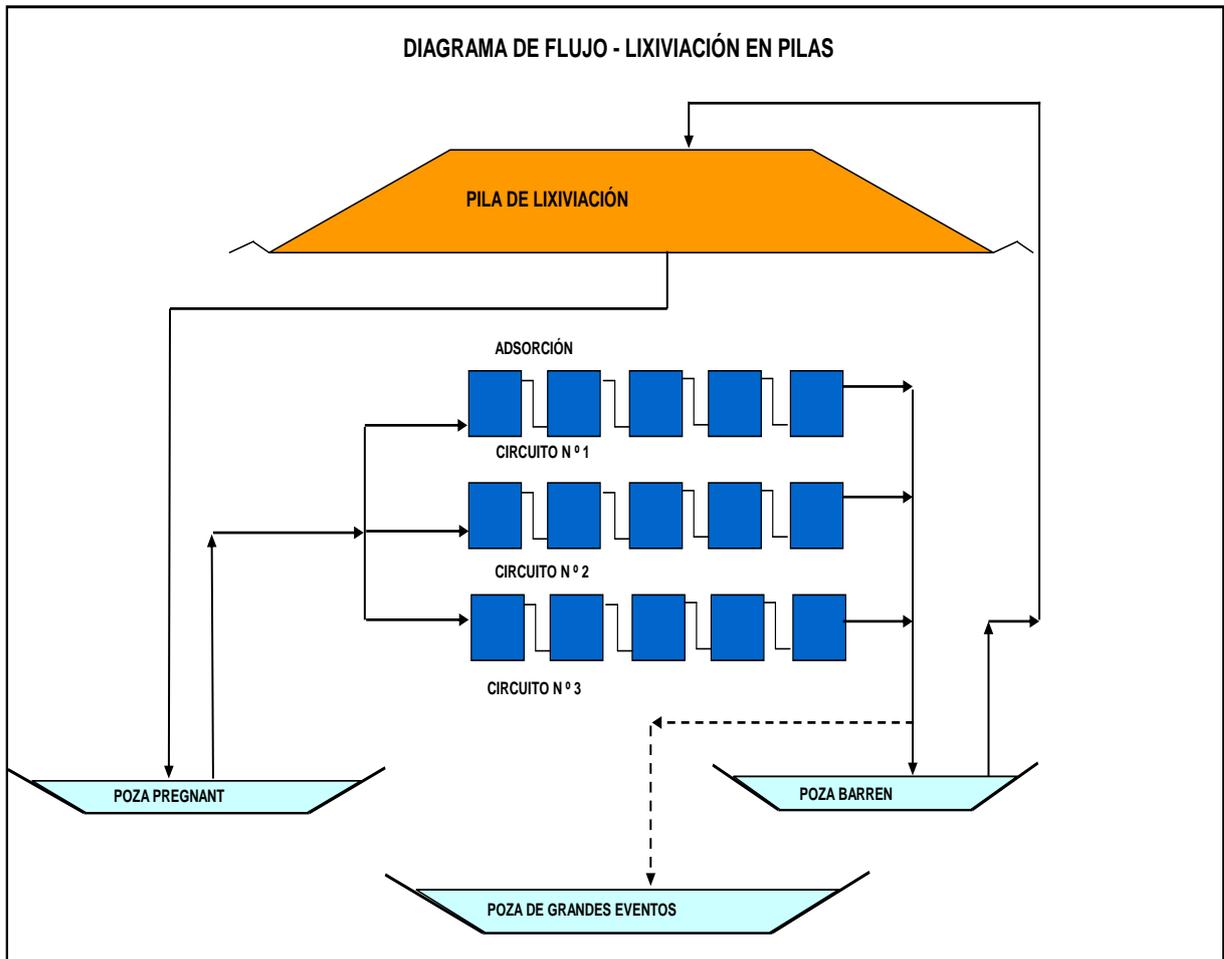
Foto Nro. 5 Formación de la Celda de Mineral



Foto Nro. 6 Riego de la Celda de Mineral



Grafico Nro. 4



2.3.3 ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO

La planta de adsorción tiene una capacidad de tratamiento de 520m³/hr de solución pregnant, colectada de los sumideros de los Pads, esta solución rica en complejos de oro y plata principalmente, es enviada a la poza de solución pregnant de donde es bombeada por tres bombas al circuito de adsorción (método CIC) que consta de tres baterías de 5 columnas de 1.90m de diámetro y 3.0m de altura, cargadas con 2000kg de carbón activado cada columna, como se observa en la tabla Nro. 2.

El carbón activado tiene la propiedad de adsorber los complejos cianurados de oro, plata y otros metales en solución; debido a su estructura porosa. La solución más rica ingresa a la columna con mayor carga de oro, donde es adsorbido una mayor cantidad de oro, luego pasa a la segunda y así sucesivamente hasta la última

columna que contiene carbón más activo y una menor carga para luego salir hacia la poza barren en el grafico Nro. 5 se muestra los tres circuitos de adsorción. Cuando el carbón ha completado su carga es enviado a la etapa de desorción en la foto Nro. 7 se observa la planta de adsorción.

Tabla Nro. 2

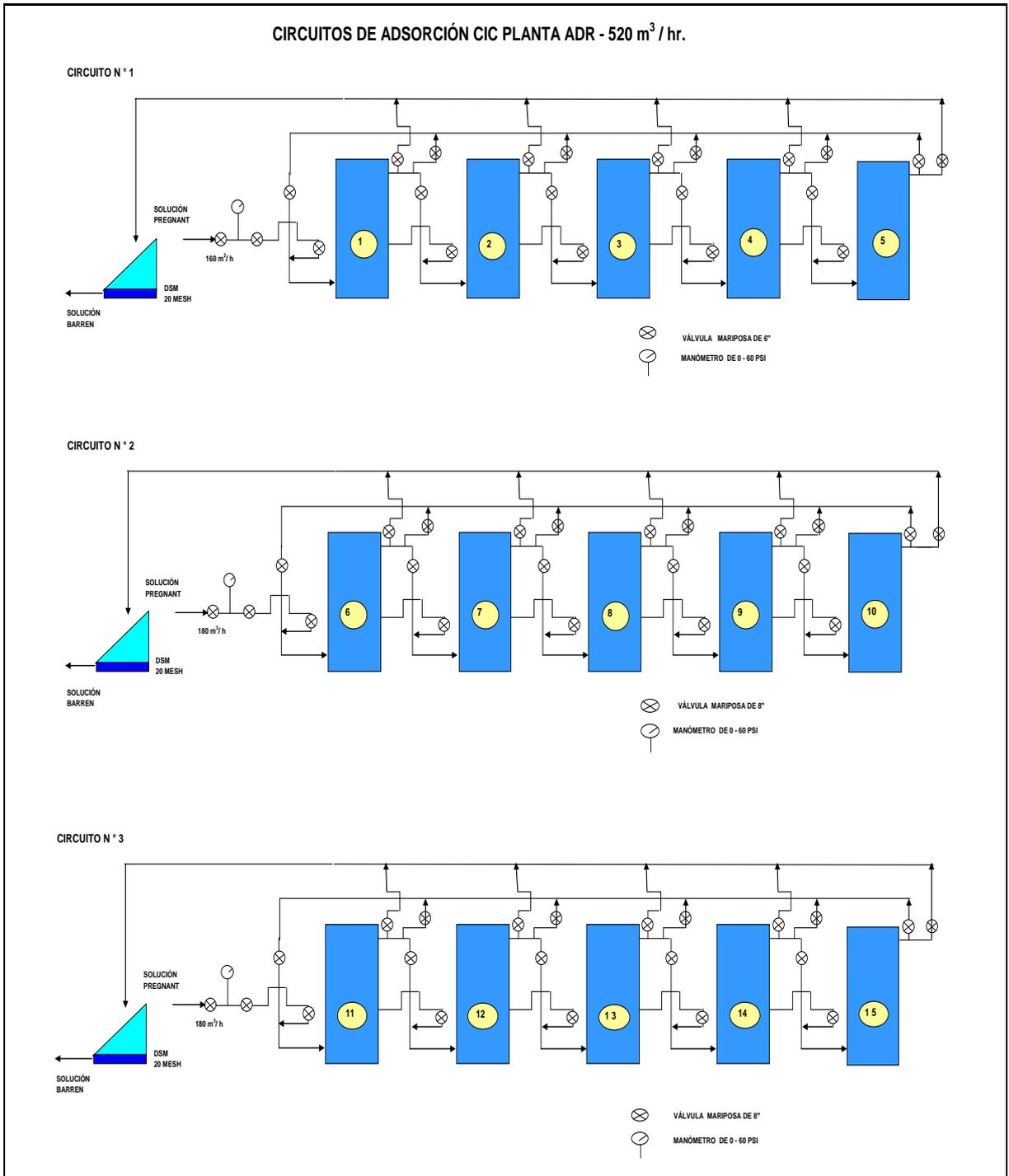
CIRCUITO Nro	NUMERO DE COLUMNAS	CAPACIDAD DE CARBON POR CIRCUITO (Kg.)	FLUJO POR CADA CIRCUITO (m ³ /hr)
1	5	10000	160
2	5	10000	180
3	5	10000	180
CAPACIDAD DEL CIRCUITO DE ADSORCIÓN EN (m ³ /hr)			520

La eficiencia promedio del proceso de adsorción es de 96 % con una carga promedio de 2.2gr de Au/Kg. de carbón.

Foto Nro.7 Planta de Adsorcion



Grafico Nro.5



2.3.3 DESORCIÓN Y ELECTRODEPOSICIÓN

Una vez completado el periodo de carga el carbón activado de una de las columnas de los circuitos de adsorción, el carbón cargado rico con las especies valiosas es descargado y cargado al reactor de desorción de 2000Kg. de capacidad con la ayuda de un eductor que trabaja con una bomba de 30HP, para luego iniciar el proceso de desorción y electro deposición.

Este proceso consiste en recircular una solución caliente entre el tanque de preparación, el calentador de solución (Boyle), el reactor de desorción, el enfriador y la celda electrolítica como se muestra en el grafico Nro. 6, la operación de la desorción consiste en:

- Preparación de 5m³ de solución de desorción con 20% de alcohol etílico y 1% de hidróxido de sodio.
- Calentar la solución recirculando entre el tanque de preparación y el boyler hasta 75°C.
- Bombeo de la solución caliente hacia el reactor de desorción pasando a través del lecho del carbón extrayendo las especies valiosas del carbón.
- La solución caliente que sale del reactor de desorción son enfriadas hasta 60°C con la finalidad de evitar pérdidas por evaporación del alcohol etílico, manteniendo un pH de 12.5 a 13.
- La solución ya enfriada pasa a través de dos celdas electrolíticas depositándose el oro y plata en los cátodos de lana de acero, el voltaje de operación se mantiene en 4.0voltios y el amperaje en 700amperios como se muestra en la tabla Nro. 3.

Este proceso tiene una duración promedio de 18horas con el cual la ley en la solución de desorción se encuentra por debajo de 10ppm, en la foto Nro. 8 se observa el circuito de desorción.

Tabla Nro.3

CELDA Nro	CAPACIDAD m ³ /Celda	FLUJO DE SOLUCIÓN (gpm)
1	0,7	12
2	0,7	12
TOTAL	1,4	24

Grafico Nro. 6 Diagrama de Flujo Desorción

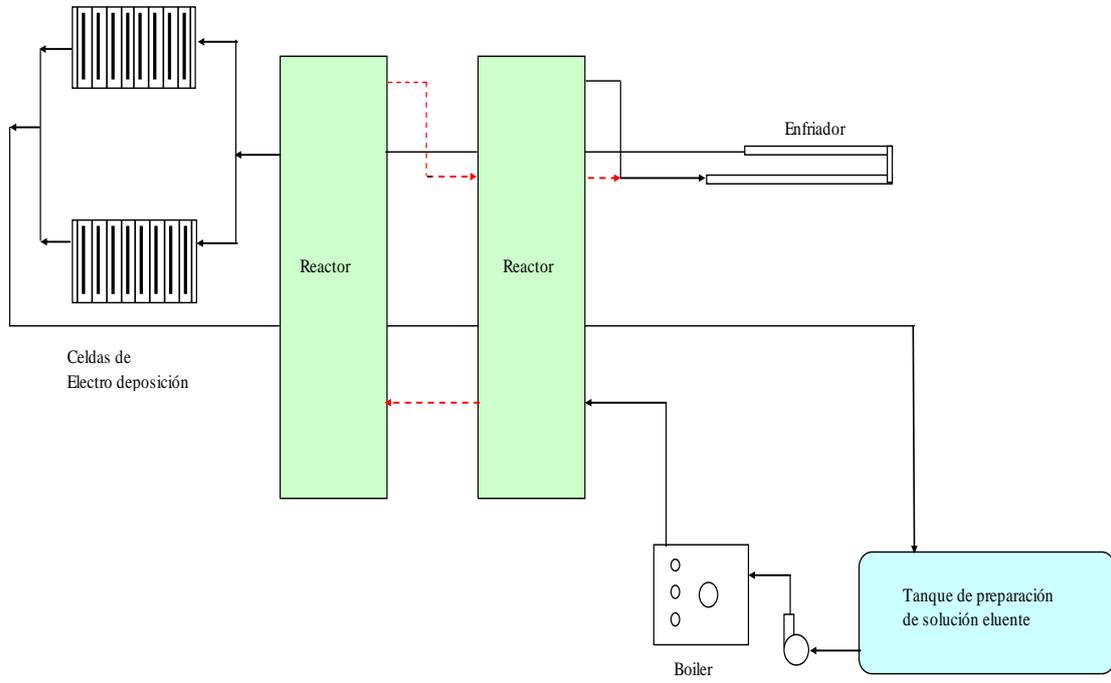


Foto Nro.8 Circuito de Desorción



2.3.4 TRATAMIENTO DE CATODOS ELECTROLITICOS Y FUSIÓN

Los cátodos electrolíticos saturados con cemento en la celda electrolítica son sometidos a un calentamiento con solución de ácido clorhídrico para eliminar el hierro de la lana de acero y otras impurezas, luego son filtrados; obteniendo el cemento de oro y plata. Los gases producidos del ataque ácido son neutralizados con una solución de hidróxido de sodio.

Después de filtrado y lavado el cemento de oro y plata se funde en un horno basculante a petróleo en un crisol de carburo de silicio de 100kg. Para esta última etapa se adiciona los fundentes bórax y carbonato de sodio, el cemento se funde a una temperatura de 1300°C, para luego realizar la colada y obtener las barras de Bullion de 70% de Au y 25% de Ag en el grafico Nro. 7 se muestra el diagrama del ataque químico y fundición, en la foto Nro.9 y 10 se observa la fundición y colada.

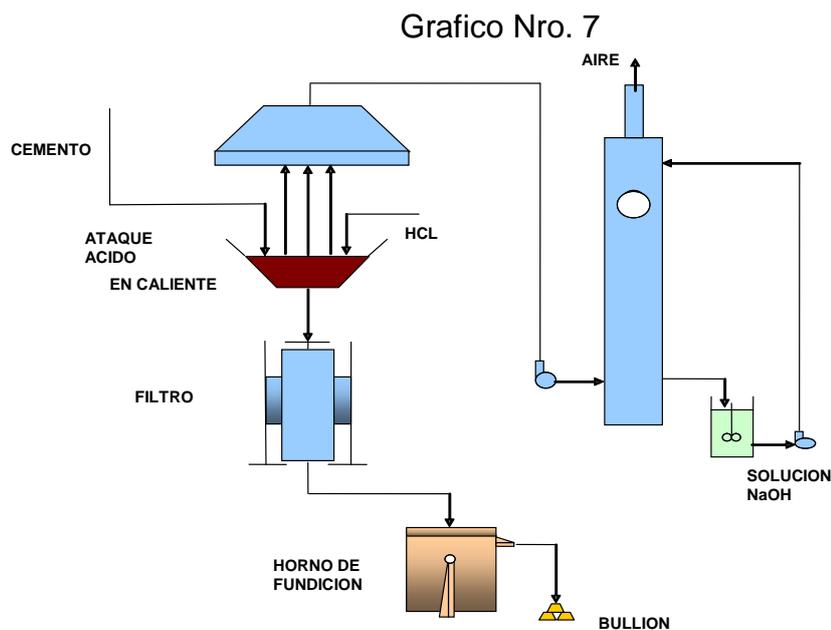


Foto Nro.9
Fundición



Foto Nro.10
Colada



2.3.6 REACTIVACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado en el proceso de adsorción pierde su actividad o su capacidad de adsorción probablemente por una pasivación generada por carbonatos e impurezas orgánicas, por tal razón se le tiene que devolver su actividad por medios químicos y térmicos.

- **Reactivación Química**

La reactivación química del carbón se realiza con la finalidad de eliminar la deposición de carbonatos que precipitan en el área superficial del carbón disminuyendo la capacidad de adsorción del oro y plata, este proceso se lleva a cabo en un tanque cubierto interiormente con geomembrana, donde después de terminar la desorción se descarga los 2000Kg. de carbón.

Luego se adiciona HCL llegando hasta un pH de 3, el tiempo que demora el lavado acido es de 4horas. La solución final de la reactivación química es neutralizada con una solución de hidróxido de sodio y luego conducida a la poza barren, El consumo de acido clorhídrico es de 50Kg. Por cada tonelada de carbón y 5Kg. de hidróxido de sodio para neutralizar la solución de reactivación.

- **Reactivación Térmica.**

La reactivación térmica elimina fundamentalmente los compuestos orgánicos adsorbidos por el carbón, se realiza en un horno eléctrico vertical, de marca Minfurn, de una capacidad de 1TM de carbón/24 horas, este circuito cuenta con una tolva de alimentación y descarga, así como un secador vibratorio y el banco de calentamiento todo esto funciona automáticamente y esta provisto de alarmas para la seguridad del equipo y del trabajador, como se muestra en el grafico Nro. 8

El proceso consiste en pasar el carbón proveniente de la reactivación química a través del horno que esta a una temperatura de 700°C, a 375voltios y 52amperios, cuando mas impurezas tenga el carbón, será mayor el tiempo de retención en el horno, conforme va saliendo el carbón del horno va cayendo en una tolva con agua lo que provoca un enfriamiento violento del carbón en las fotos Nro. 11, 12 y 13 se observa el horno de reactivación térmica.

Una vez reactivado un lote de carbón (2000Kg.) se pasa mediante un eductor hacia una zaranda vibratoria de malla Nro 20 a fin de clasificar el carbón, el carbón de malla +20 retorna al proceso de adsorción y el carbón de malla -20 se retira del proceso, y se almacena para un tratamiento futuro. El costo de reactivación del

carbón reactivado es de 0.20US\$/Kg. de carbón activado, comparado con el precio del carbón nuevo que cuesta 2.5 US\$/Kg. de carbón activado.

Grafico Nro. 8 Diagrama de Flujo Reactivación Térmica

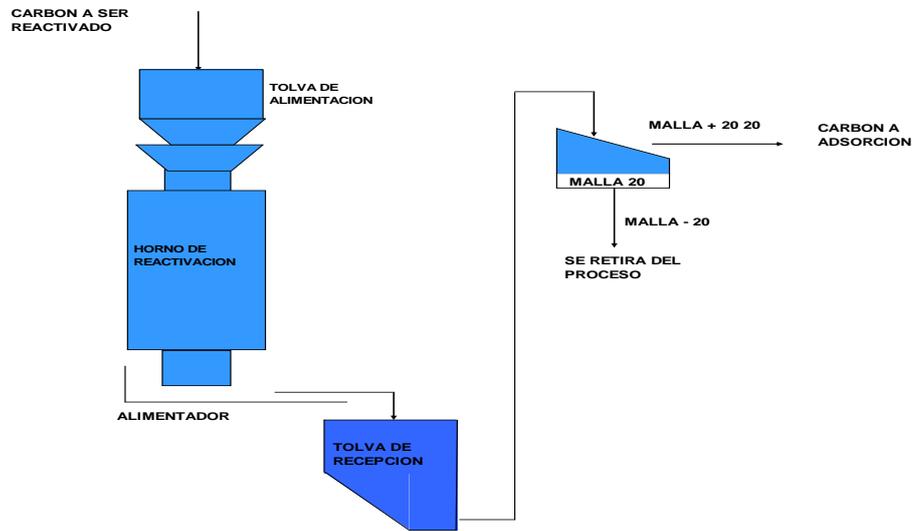


Foto Nro.11, 12 y 13 Horno de Reactivación Térmica

Foto Nro.11



Foto Nro.12



Foto Nro. 13



CAPITULO III

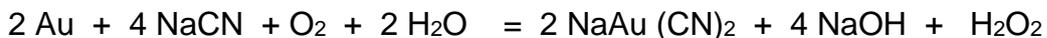
FUNDAMENTOS DE LA CIANURACIÓN

El proceso de cianuración para extraer el oro de sus minerales viene empleándose hace casi un siglo, desde que en 1898 se utilizó por primera vez en Nueva Zelanda y en África, siendo un proceso muy eficiente.

La química de las disoluciones de cianuros es sumamente compleja y esta complejidad determina su aptitud para disolver el oro y la plata sin embargo el oro forma compuestos complejos con otros metales, como mercurio, zinc, cobre, níquel y plomo, que en parte son causantes del consumo de cianuro en la extracción del oro

3.1 QUÍMICA Y MECANISMO DE LA CIANURACIÓN

El mecanismo de disolución de Au y Ag en CN^- que se presenta es el modelo propuesto por Habashi (1966-67) que es el siguiente:



Esta ecuación pone en evidencia la presencia de oxígeno para que la reacción tenga lugar la reacción es conducida en medio básico para evitar la transformación de CN^- en $\text{HCN}_{(g)}$ de acuerdo a la siguiente reacción:

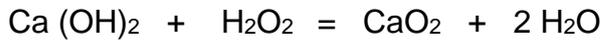


El pH límite entre NaCN y el gas HCN se determina según la siguiente ecuación:

$$\text{Log.} [\text{CN}^-] = \text{Log.} [\text{NaCN}]_{\text{T}} - \text{Log.} (1 + 10^{\text{pH} - 9.4}) + \text{pH} - 9.4$$

De acuerdo a esta reacción el pH mínimo de trabajo en la cianuración es 9.4, por debajo de pH 9.4 el CN^- se transforma en HCN, el cual conduce a la pérdida de NaCN y también la emanación de un gas extremadamente tóxico.

La alcalinidad del medio es controlada por la adición de cal, el pH máximo de la cianuración es 11; por encima de este pH y si se trabaja con cal como medio básico, la velocidad de disolución del oro decrece, debido a la formación de peróxido de calcio de acuerdo a la siguiente reacción:

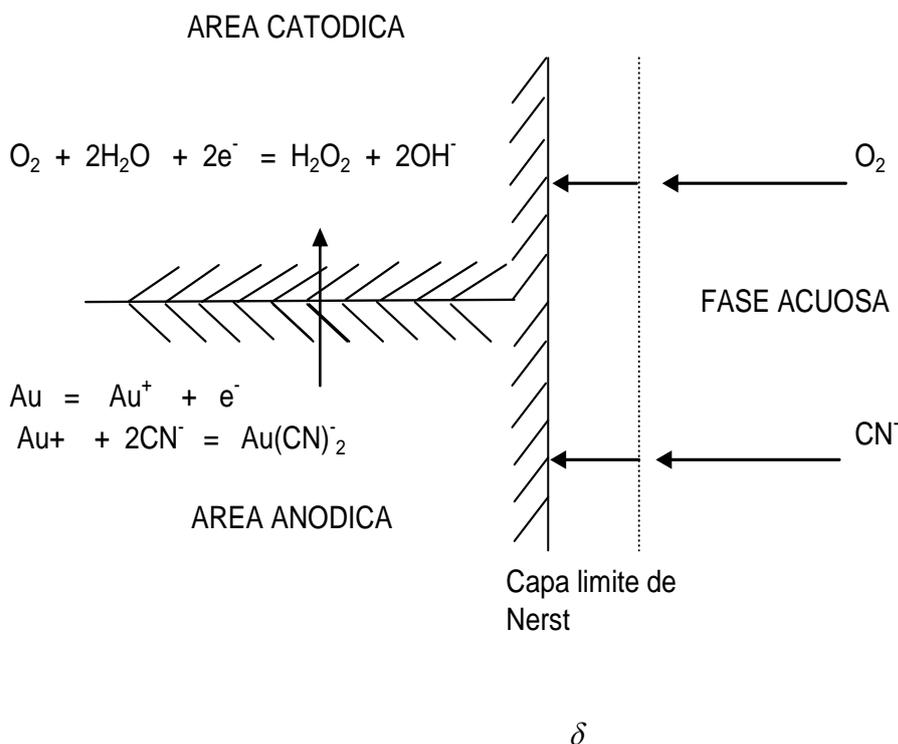


En la cual se adsorbe sobre el oro, obstaculizando de esta forma la disolución del metal precioso.

La disolución de oro en soluciones de cianuro es electroquímica por naturaleza Thompson ha propuesto un modelo electroquímico en la cual el oro es disuelto en sitios anódicos mientras que el oxígeno es reducido en sitios catódicos.

El ánodo y el cátodo forman un par de corrosión en el cual existe transferencia de electrones de los sitios anódicos a los sitios catódicos a través del oro sólido. El diagrama esquemático de la cianuración es presentado en el gráfico Nro. 9.

Grafico N ro.9 Diagrama esquemático de la Cianuración



3.2. CINÉTICA DE LA REACCIÓN

Como el tiempo en el cual se lleva a efecto la reacción es en gran parte el de la etapa de menor velocidad (llamada entonces etapa controlante) es importante identificar a ésta para incrementar su rapidez.

Una reacción fisicoquímica en el cual se hallan involucradas una fase sólida y otra líquida se consume en las cinco etapas siguientes:

- A. Difusión de los reactantes desde la solución hasta la interfase sólido - líquido.
- B. Adsorción de los reactantes en la superficie del sólido
- C. Reacción en la superficie
- D. Desorción de los productos de la reacción de la superficie del sólido
- E. Difusión de estos productos de la interfase sólido - líquido a la solución.

El tiempo que emplean las etapas A y E es controlado por las velocidades de difusión, en tanto que el de las etapas B, C y D es función de la rapidez de los procesos químicos. Si la difusión es muy lenta, una mayor agitación es necesaria para acelerar la reacción, si en cambio esta última es retardada por los procesos químicos, se debe incrementar la temperatura.

La cianuración está gobernada por las leyes de Fick, expresadas matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{d(O_2)}{d(t)} = DO_2 \frac{A_1}{\delta} ([O_2] - [O_2]_s)$$

$$\frac{d(CN^-)}{d(t)} = DCN^- \frac{A_2}{\delta} ([CN^-] - [CN^-]_s)$$

Donde:

$\frac{d(O_2)}{d(t)}$ y $\frac{d(CN^-)}{d(t)}$ son velocidades de difusión de O_2 y CN^- respectivamente,

expresada en moles/seg.

DO_2 y DCN^- son los coeficientes de difusión en cm^2/seg .

A_1 y A_2 , las superficies anódicas y catódica sobre las cuales se lleva a cabo la reacción, ambas medidas en cm^2 .

δ , es el ancho de la capa límite de Nernst en cm.

$[O_2]$ y $[CN^-]$, concentración de oxígeno y cianuro en la solución en moles/ml

$[O_2]_s$ y $[CN^-]_s$, concentración sobre la superficie de reacción.

Si en las dos anteriores ecuaciones se considera que la reacción química es muy rápida, se tiene $[O_2]_s = [CN^-]_s = 0$, si se acepta asimismo que la velocidad de disolución del metal es dos veces la del oxígeno y sólo la mitad de la del cianuro, se obtiene la siguiente igualdad:

$$2DO_2 \frac{A_1}{\delta} [O_2] = \frac{1}{2} DCN^- \frac{A_2}{\delta} [CN^-]$$

Se debe tener en cuenta además que para el área total $A = A_1 + A_2$, resolviendo este sistema de ecuaciones se deduce que la velocidad de cianuración es:

$$V = \frac{2ADCN^- DO_2 [CN^-] [O_2]}{\delta (DCN^- [CN^-] + 4DO_2 [O_2])}$$

Obtenida esta ecuación se deben considerar dos posibilidades; cuando las concentraciones de cianuro son bajas, el primer término del denominador es despreciable respecto del segundo, con lo cual de la expresión anterior se tiene:

$$V = \frac{1}{2} DCN^- \frac{A}{\delta} [CN^-]$$

$$V = K_1 [CN^-]$$

Por lo tanto, en estas condiciones, la velocidad de lixiviación es función de la concentración de cianuro, hecho que ha sido comprobado experimentalmente. La segunda posibilidad es que las concentraciones de este compuesto sean altas; en este caso el segundo término del denominador es despreciable respecto del primero, por lo que la ecuación se convierte en:

$$V = 2DO_2 \frac{A}{\delta} [O_2]$$

$$V = K_2 [O_2]$$

Esto significa que, a altas concentraciones de cianuro, la velocidad de disolución depende solamente de la concentración de oxígeno. Los experimentos han corroborado también esta previsión teórica.

También se puede deducir que para que haya una máxima disolución se tiene que cumplir que:

Para hallar el límite en el cual el predominio de una de las concentraciones cede el paso al de la otra en el control de la velocidad de lixiviación, se debe volver a la ecuación general, cuando dicha ecuación se cumple:

$$DCN^{-}[CN^{-}] = 4DO_2[O_2]$$

De donde:

$$\frac{[CN^{-}]}{[O_2]} = 4 \frac{DO_2}{DCN^{-}}$$

Y se asume que $\frac{DO_2}{DCN^{-}} = 1.5$ (promedio establecido a partir de diferentes pruebas experimentales) se determina que el límite referido se alcanza cuando

$$\frac{[CN^{-}]}{[O_2]} = 6$$

Los valores encontrados en las experiencias de laboratorio varían de 4.5 a 7.5; por lo que aquel obtenido en el cálculo teórico se considera representativo.

En la lixiviación en pilas se trabaja con concentraciones de cianuro bajas por lo que la cinética de disolución del oro depende en gran parte de la concentración del oxígeno disuelto en la solución, ya que el oxígeno afecta positivamente la velocidad de disolución del oro.

La cantidad de oxígeno disuelto en la solución lixivante varía con la altitud y la temperatura (en la mina Quicay a 4250msnm el oxígeno disuelto en la solución esta en promedio de 6ppm).

3.3 PROBLEMAS COMUNES EN LA LIXIVIACIÓN EN PILAS.

Los problemas más comunes que se pueden presentar en la lixiviación en pila son:

- **Granulometría del Mineral.** El mineral proveniente del tajo debe tener la granulometría adecuada y no debe ingresar mineral de una excesiva granulometría (bolones) ya que generan un aumento de inventario de oro en la pila y tiempos de lixiviación excesivos debido a que la penetración de la solución lixivante puede ser completamente lenta, y esto se agudiza si la roca no es permeable a la solución lixivante, la granulometría se puede reducir chancando el mineral pero aumentaría los costos de tratamiento, en la mina quicay la granulometría máxima es de 12”.

- **Percolacion a través de la Pila.** Es la manera en la cual las soluciones lixiviantes fluyen por gravedad a través de la pila. La superficie de una pila de pobre percolación puede llegar a ser inundada y las soluciones lixiviantes pueden correr sobre los lados la pila, causando una severa erosión y encharcamiento en la parte superior, si el método de construcción de la pila ha creado zonas de mineral clasificado. Las soluciones pueden crear canales a través de la pila y solo se lixivara un pequeño porcentaje de la pila.

Este problema esta relacionado a la cantidad de finos, y el alto contenido de arcillas en el mineral los finos segregan y forman áreas ciegas de finos dentro de la pila que disminuyen la percolación que impiden el flujo uniforme de la solución, esto se puede minimizar aglomerando el mineral.

- **Mineral Contaminado.** El mineral que ingresa a la pila no debe tener presencia de mineral carbonaceo ni material orgánico (Top Soil) ya que estos materiales ocasionan que el oro disuelto en solución sea readsorbido por estos materiales formando el (Preg Robbing).

Estos problemas pueden ocasionar periodos de lixiviación largo, aumentar consumo de reactivos y provocar una menor recuperación de oro. En las fotos Nro. 14, 15 y 16 se observa los problemas comunes en la pila.



Foto Nro.14
Bolones en la Pila



Foto Nro.15
Pila con pobre Percolacion



Foto Nro.16
Top Soil en la Pila

CAPITULO IV

PAD DE LIXIVIACIÓN

La plataforma de lixiviación (Pad) debe estar en continua ampliación para tener suficiente área donde poder depositar mineral proveniente de la mina, en la mina Quicay se esta construyendo por partes el Pad Nro. 4 de 7.1hectáreas para recepcionar 2263184 TM de mineral luego se construirá el Pad 5 de 15hectáreas para recepcionar 7000000 de TM de mineral. El costo total de construcción de la plataforma de lixiviación esta en promedio de 13 US\$/m².

Para la construcción del Pad de lixiviación se tiene que tener en consideración los siguientes aspectos:

4.1 TOPOGRAFIA DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRA LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

Esta zona es poco irregular y esta cubierta por la vegetación típica de la puna.

La topografía original es transformada de tal manera que se logre tener una superficie plana con una ligera pendiente, la zona elegida esta continuación de la plataforma Nro. 3.

4.2 RIESGO DE SISMICIDAD

Es un parámetro importante en la construcción del Pad (para el diseño pseudos-estático de los taludes). La sismicidad histórica de los sismos más importantes muestra que en la zona de Quicay se han producido movimientos sísmicos con intensidades de hasta VI grados en la escala Mercalli Modificada (NMI) producto de la actividad sísmica en la zona.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis determinísticos y probabilística se recomienda utilizar como sismo de diseño el valor de aceleración máxima horizontal correspondiente al evento de 475 años de periodo de retorno, equivalente a 0.18g, para todas las estructuras localizadas en roca o suelo firme.

El área donde se localiza la plataforma se encuentra desplantado sobre un deposito de material arcilloso con gravas y suelo gravoso con matriz arcillosa de

aproximadamente de 42m de espesor, en consecuencia el comportamiento dinámico puede ser caracterizado como un suelo tipo II del reglamento nacional de construcciones.

4.3 ESTUDIO DEL SUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

Para conocer las características del suelo y subsuelo se efectuaron 25 calicatas con una excavadora dentro del área del Pad Nro. 4, estas calicatas fueron registradas detalladamente describiéndose el perfil estratigráfico de los suelos, registrándose el tipo de suelo, plasticidad, consistencia, humedad, color forma de fragmentos y presencia de materiales orgánicos.

También se han realizado los ensayos de laboratorio como ensayos de permeabilidad tipo pared flexible, ensayos de pesos unitarios, ensayos de Proctor estándar, ensayos de densidad relativa, de absorción, de abrasión, de durabilidad, ensayos triaxiales en probetas de 4'' etc., efectuados en el laboratorio del CISMID de la UNI y laboratorio geotécnico de Knight Piesold de Lima.

A partir de los resultados de las investigaciones efectuadas, los ensayos de campo y laboratorio realizados se ha efectuado la caracterización geotécnica de los materiales del sitio de la plataforma de lixiviación de la etapa 4, siendo las más importantes:

- **Depósitos Fluvio Glaciares Recientes (Unidad Geotécnica I)**

Esta unidad consiste de horizontes de arcilla y lentes de arcilla gravosas, de consistencia blanda, cuya resistencia al corte es menor a 1.0Kg./cm², la humedad es alta, plasticidad media a alta y de color beige – anaranjado, los materiales de esta unidad se distribuyen en toda el área variando de espesor de 1.6 a 5.0m y están cubiertas por suelo orgánico que varía en espesor desde 0.30 a 0.50m.

Esta unidad geotécnica I, no es adecuada para fines de cimentación y para el emplazamiento de la plataforma de lixiviación se ha eliminado.

- **Depósitos Morrénicos (Unidad Geotécnica II)**

Esta unidad consiste en depósitos de naturaleza morrénica de matriz fina acompañado de gravas, arenas y algo de bolonería con clasificación de suelo

variable de arcilla gravosa a grava arcillosa, de consistencia / compacidad firme-rígido a denso. Del resultado de los ensayos de laboratorio la distribución de los materiales en promedio es: grava 26%, arena 22% y arcilla 52% la potencia de estos depósitos es grande estimándose en 42m.

La unidad geotectónica II, es aceptable para desplante de cimentación de la plataforma de lixiviación de la etapa 4.

4.4 DISTANCIA DE LA MINA HACIA EL PAD

La distancia de la mina hacia el Pad debe ser lo mas corto posible para que no se incremente los costos de transporte del mineral del tajo hacia el Pad, en Quicay los Pads se están construyendo continuación de los Pads ya existentes, las distancias de la mina hacia el Pad es corta.

4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

Para los trabajos de acondicionamiento del terreno se cuenta con una flota de volquetes, Tractor, Excavadora y Rodillos (para la compactación del suelo), estos equipos representan los costos mas altos en la construcción de la plataforma de lixiviación.

La construcción del Pad se ha dividido en:

4.5.1 RETIRO DEL PISO ORGANICO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Se realizo una nivelación del terreno sacando todo el material orgánico de la superficie hasta encontrar terreno de cimentación firme (depósitos Morrénicos), esto se realiza con un tractor de orugas D-8 que empieza a pelar el terreno y luego con una excavadora 330C se carga hacia los volquetes para luego ser trasladado hacia el botadero, este material será utilizado en la revegetacion en el cierre de las operaciones de lixiviación.

4.5.2 SISTEMA DE SUB DRENES

El sistema de subdrenaje se emplaza sobre el nivel de cimentación de la plataforma de lixiviación y tiene por objeto captar y derivar las aguas de infiltración provenientes de la cimentación, conduciéndolas de las estructuras proyectadas, las investigaciones geotécnicas efectuadas en el área de proyecto identificaron afloramientos de agua subterránea y cursos de agua superficial que convergen en la zona baja del proyecto, ubicada al pie de la plataforma. En este sentido el diseño contempla la remoción del material inadecuado saturado hasta llegar al nivel de cimentación previsto. Se va a realizar una zanja de drenaje al pie de la plataforma de 5.0m de profundidad y 5.0m de ancho en la base, que contendrá un dren francés de material drenante de 2m de espesor y 1.5m de ancho de base y una tubería colectora perforada CPT (tipo SP) de 8" de diámetro, una capa de geotextil no tejida de 270gr/m² que envuelve el material drenante.

Aguas arriba de la zanja de drenaje se ubica el sistema de Subdrenes, siguiendo la configuración típica de espina de pescado. El sistema de subdrenaje esta compuesta por drenes principales y drenes secundarios. Los drenes principales están conformados por tuberías corrugadas CPT perforadas de 0.20m de diámetro dispuesta en la parte mas baja y central de la plataforma, los drenes secundarios están conformados por tuberías CPT perforadas de 0.10m de diámetro, y se conectan a los drenes principales empleando accesorios provisto por el fabricante, tanto los drenes principales como los secundarios están confinados en una zanja trapezoidal de material granular drenante que mantiene una cobertura mínima de 0.50m , una vez instalados los drenes y subdrenes se perfila toda la superficie de la plataforma de lixiviación.

4.5.3 SISTEMA DE REVESTIMIENTO

El sistema de revestimiento para la contención de las soluciones ha sido diseñado para cumplir con requerimientos estándares para sistema de revestimiento de plataforma de lixiviación estipulados por el estado de Nevada de los Estados Unidos de América.

El sistema de revestimiento de la plataforma de lixiviación de quicay considera una capa de de arcilla compactada (Soil Liner) de 30cm de espesor denominada capa

impermeabilizante de arcilla, que consiste de material fino compactado al 97% y de baja permeabilidad (permeabilidad máxima de 1×10^{-6} cm. /s).

Sobre esta capa compactada se instalara una geomembrana tipo LLDPE simple texturada de 1.5mm (60mil) de espesor (polietileno de baja densidad), y la geomembrana tipo HDPE simple texturada de 1.5mm (polietileno de alta densidad) se colocara en las bermas, áreas expuestas debido a su resistencia prolongada a los rayos ultravioleta, en cada una de las uniones de la geomembrana se realiza un control riguroso de calidad.

Para evitar el punzonamiento de la geomembrana se colocara inmediatamente encima de esta una capa de protección conformada por arena bien graduada con limos o arcillas, de un espesor de 0.30m, para luego se compactado con un rodillo.

4.5.4 SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN

Sobre la capa de protección de la geomembrana se instala un sistema de Colección de solución tipo espina de pescado para captar la solución enriquecida que descargara en el sumidero para ser conducida a la poza de operación a través del canal de solución. El sistema de colección de solución consiste de una red de tuberías perforadas diseñadas para minimizar la carga hidráulica de la solución sobre el sistema de revestimiento.

Las tuberías laterales de colección de solución consisten en tuberías de polietileno corrugado y perforado CPT de 4" de diámetro interior liso, colocados en forma paralela con espaciamientos constantes. Los colectores laterales recibirán la solución enriquecida y la transportaran hacia el sistema de colectores principales.

Los colectores principales han sido diseñados para recibir y transportar el 100% del flujo de la solución e incrementos en el flujo ocasionados por tormentas, en el dimensionamiento de los colectores principales se considera también la reducción de la sección transversal debida a la carga de los bancos de mineral, cada colector principal ha sido dimensionado sobre la base de la pendiente y el área de drenaje que contribuye hacia determinada tubería, los colectores principales son tuberías perforadas de 12" o 24" de diámetro lisos interiormente y corrugados en el exterior.

Un mínimo de 30cm de grava con una mínima cantidad de finos será colocada como capa de drenaje alrededor de las tuberías laterales y principales, la capa de drenaje no solo facilitara el paso de la solución hacia los colectores, si no que proveerá una

adecuada protección a las tuberías de colección durante la descarga inicial del mineral.

4.5.5 SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS (SCF)

Para acondicionar el diseño de la plataforma de lixiviación Quicay a las regulaciones ambientales se incluyó un sistema de control de fugas (SCF) este componente se coloca en las áreas de concentración de flujo de solución, se localiza debajo de los colectores principales de solución y termina en un sumidero de colección de solución al norte del canal de solución. El SCF consiste de una zanja en forma trapezoidal revestida con geomembrana HDPE lisa de 1.5mm de espesor, con una tubería CPT perforada de 4" de diámetro.

4.5.6 CANAL DE SOLUCIÓN

La solución rica del pad es conducido por gravedad a través de tuberías de HDPE de 18" de diámetro hacia la poza pregnant, estas tuberías se encuentran en el canal de solución que tiene una sección trapezoidal, de 1.5m de ancho en la base y 1.3m de profundidad con taludes son de 2H: 1V y pendientes de 1%, esta cubierto con geomembrana HDPE.

En las fotos Nro. 17, 18, 19, 20 y 21 se observa la construcción del Pad y en el grafico Nro. 10 la sección transversal de la plataforma de Lixiviación.



Foto Nro. 17
Instalación de los
Subdrenes



Foto Nro. 18
Pad con Geomembrana y
Colocación de Soil Liner



Foto Nro. 19
Instalación de los Drenes

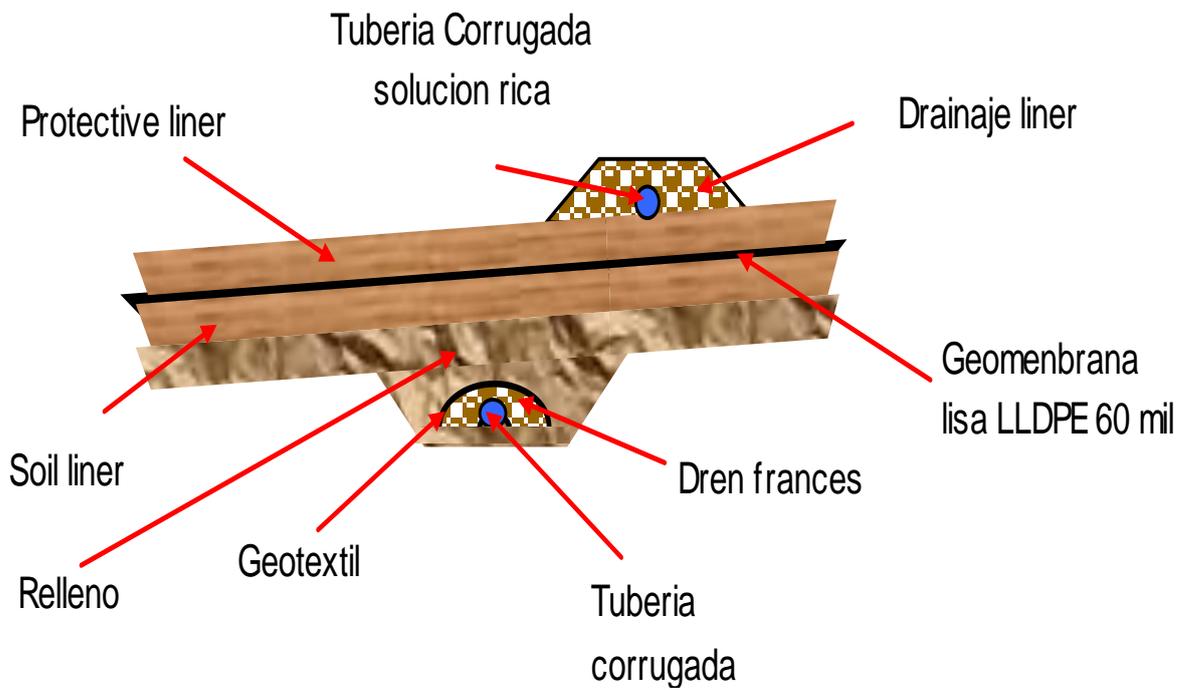


Foto Nro. 20
Pad con Los Drenes (Espina
de Pescado)



Foto Nro. 21
Sumidero de Recolección
de Solución Pregnant

Grafico Nro. 10 Sección transversal de la base del Pad



4.6 CIERRE DE LOS PAD DE LIXIVIACIÓN

Después que se halla completado el apilado del mineral en el Pad, con un talud de bancos de 1.4H:1V, se procederá a lixiviar todo el mineral hasta que la concentración del oro en la solución sea 0.030 ppm o no sea económicamente recuperable.

Luego se realizara el lavado de la pila con agua para reducir la concentración del cianuro hasta que el cianuro WAD “cianuro dissociable con acido débil “sea igual o menor a 0.2ppm.

Después se retirara las tuberías y se removerá el mineral que esta en la parte exterior hasta obtener un perfil con una pendiente de 2.5H:1V, semejante a una loma para ser recubierto con tierra vegetal (top soil material que se retirado y ubicado en un botadero durante la construcción de la pila y fueron preservados para esta etapa) finalmente se procederá a la revegetacion.

CAPITULO V

MANEJO OPERATIVO DE LAS PILAS DE LIXIVIACIÓN

Los Pads de Quicay son del tipo permanente, (estáticos) es decir una vez que se completó el periodo de lixiviación por 60 días se retira la red de tuberías de riego, se hace una remoción la parte superior de la celda y luego se carga mineral encima formando un nuevo Lift (piso) de mineral.

Actualmente en quicay se tiene los siguientes Pads, como se muestra en la tabla Nro.4.

Tabla Nro.4 Pads de Mina Quicay

Pad	Area		Altura Máxima (m)	Tonelaje TMS
	Has.	(m ²)		
1 A	5,0	50000	56	1406866
1 B	3,0	30000	56	1439864
2 A	3,0	30000	56	1240208
2 B	3,0	30000	64	1047749
3 A	3,3	33000	56	1499287
3 B	2,3	23000	64	885925
4 A	2,0	20000	56	688989
4 B1	2,5	25000	48	888759
4 B2	2,6	26000	48	680810
Total	26,7	267000		9778457

De estos Pads los Pads 1A, 1B, 2A, 2B ya se han llenado los Pads 3A, 3B, 4A y 4 B1 se están cargando de mineral y el Pad 4B2 esta en proceso de construcción, la construcción de mas áreas plastificadas obedece a las necesidades del área de mina y al incremento de las reservas probadas de mineral.

Cada Pad esta formado por pisos (Lifts o bancos) y estos pisos por celdas, la altura de cada Lifts es de 8mt, la berma entre pisos es de 9.0m y el ángulo del talud es de 1.4H:1V, el numero de pisos o bancos van a depender del diseño de la estabilidad de la pila.

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CELDA DE LIXIVIACIÓN

En la siguiente tabla se muestra los parámetros operativos de la celda de lixiviación en la Pila.

Tabla Nro. 5

PARÁMETROS OPERATIVOS DE LA CELDA DE LIXIVIACIÓN

ÁREA DE LA CELDA	3500 m ²
MINERAL EN LA CELDA (COMO SALE DEL TAJO)	45000 TM
ALTURA DE LA CELDA	8 m
ANGULO NATURAL DEL MINERAL	1,4 H : 1,0 V
TIEMPO DE LLENADO DE LA CELDA	6 días
RATIO DE CAL	0,55 Kg./TM
RATIO DE CEMENTO	0,70 Kg./TM
TAZA DE RIEGO	8,5 L / h x m ²
TIPO DE RIEGO	ASPERSIÓN
DÍAS DE RIEGO	60 días
CONCENTRACIÓN DE CIANURO LIBRE	150 ppm
pH	10,5
RATIO DE NaCN	0,100 Kg./ TM
VELOCIDAD DE PERCOLACIÓN	1,5 m / día

5.2 PROGRAMA DE CARGUIO DE MINERAL AL PAD DE LIXIVIACIÓN

Se realiza un programa de carguío de mineral a la pila, este programa contempla la cantidad de mineral que se va cargar a la semana y al mes en coordinación con el área de mina y geología por lo que se debe tener suficiente área en la pila para recepcionar el mineral

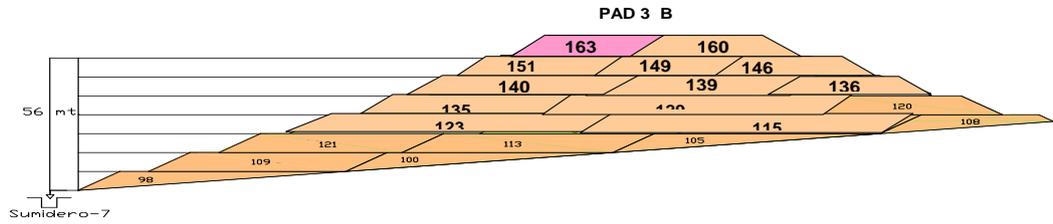
Se realiza un plan de carguio como se muestra en el siguiente grafico Nro. 11 y 12



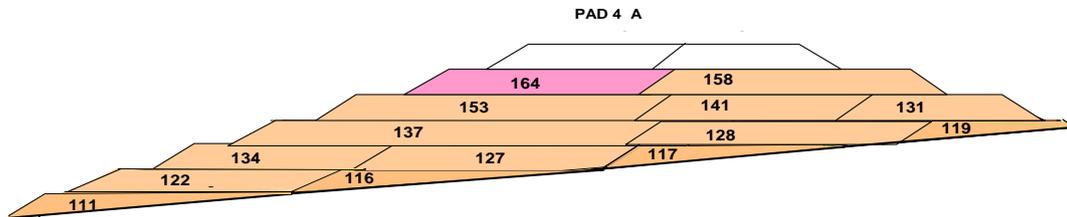
Foto Nro. 22 Carguio del Mineral al Pad

Grafico Nro. 11 Plan de carguo en el Pad de lixiviación

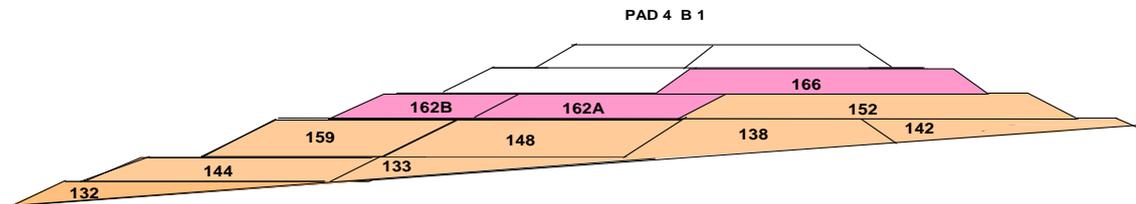
CAPACIDAD TOTAL DE CARGA DE MINERAL EN LOS PADS



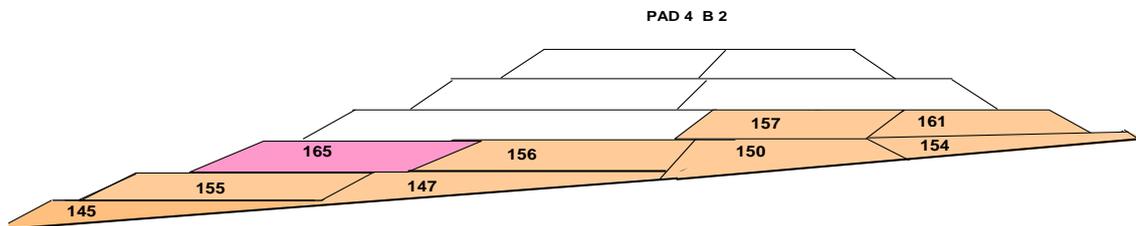
PAD 3 B		OBSERVACIONES:			
CELDA NRO.	TN (Capac.)	TN (CArgado)	TN (falta llenar)	PISO	Ley Au g/t
163	25.000,00	18.948,44	6.051,56	6	0.17 a 0.45



PAD 4 A		OBSERVACIONES:			
CELDA NRO.	TN (Capac.)	TN (CArgado)	TN (falta llenar)	PISO	Ley Au g/t
164	51.200,00	0,00	51.200,00	5	0.17 a 0.45

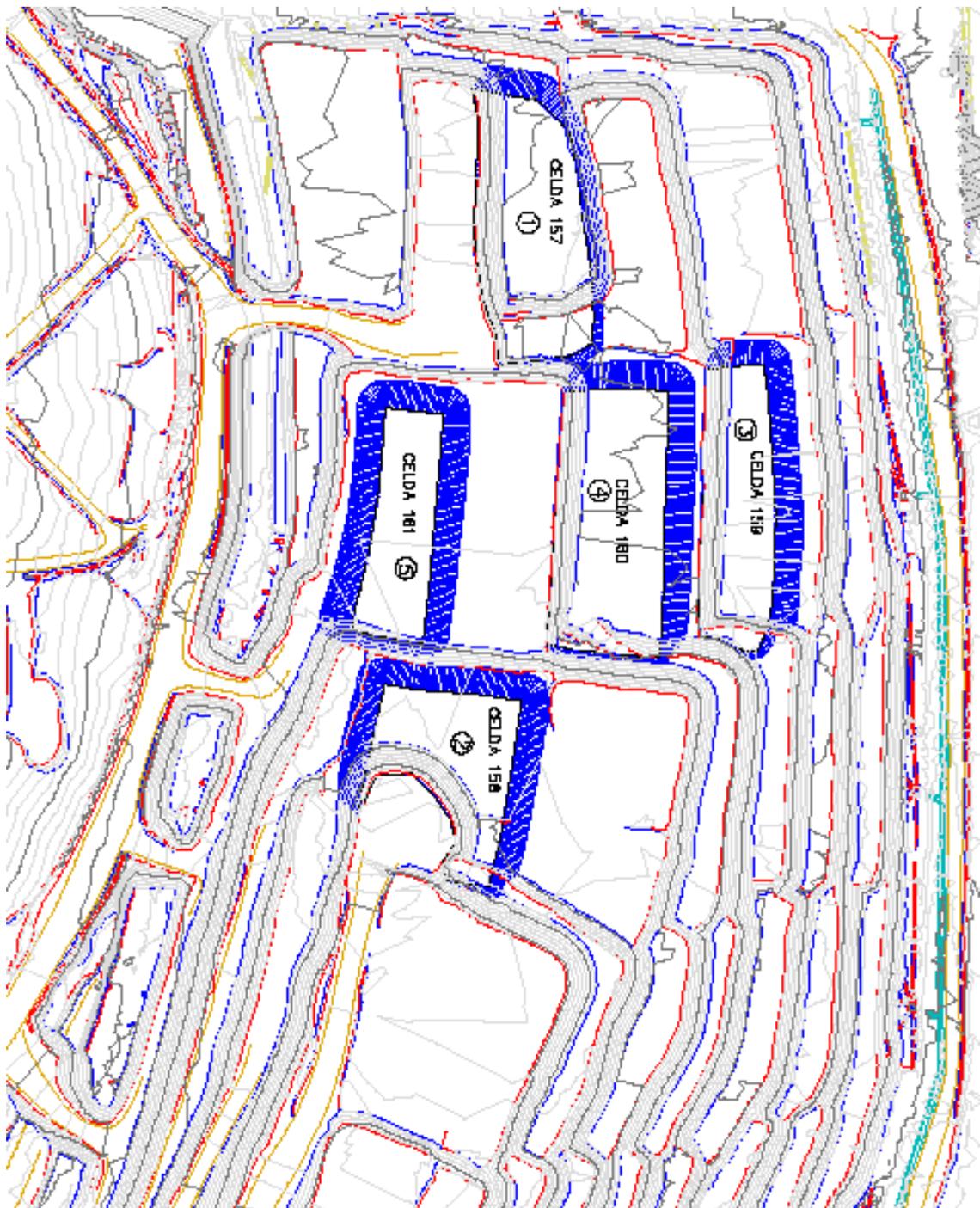


PAD 4 B 1		OBSERVACIONES:			
CELDA NRO.	TN (Capac.)	TN (CArgado)	TN (falta llenar)	PISO	Ley Au g/t
162A	30.000,00	20.411,05	9.588,95	4	mayor a 0.45
162B	28.000,00	0,00	28.000,00	4	mayor a 0.45
166	87.000,00	0,00	87.000,00	3	0.17 a 0.45



PAD 4 B 2		OBSERVACIONES:			
CELDA NRO.	TN (Capac.)	TN (CArgado)	TN (falta llenar)	PISO	Ley Au g/t
165	42.640,00	0,00	42.640,00	3	mayor a 0.45

Grafico Nro. 12 Áreas disponibles donde se cargara mineral en el Pad



5.3 RIEGO DE LAS CELDAS DE LIXIVIACIÓN

Una de las parámetros importantes para obtener una óptima recuperación de las especies valiosas en la lixiviación de pilas es el riego del mineral, este riego debe ser lo más uniforme posible con el objeto de lograr distribuir la solución de manera tal que toda la ruma de mineral apilado quede saturado de dicha solución, pero no se debe producir enpozamientos ni canalizaciones de la solución lixivante. En la mina Quicay se utiliza el sistema de riego por aspersión con una tasa de riego es 8.5 litros de solución por hora y por metro cuadrado de superficie, con una área de riego de total de 7has.

En la lixiviación de pilas de mineral se usa dos sistemas de riego:

5.3.1 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

El sistema de riego por goteo se basa en una tubería de solución (el lateral), en el cual los goteros (emisores) van insertados sobre la línea de riego. La unidad de riego es el gotero, el cual aplica la solución gota por gota, alrededor de cada gotero se forma una zona de suelo húmedo, denominado "Bulbo" o "cebolla" por su forma característica, estos goteros trabajan a una determinada presión proporcionada por los fabricantes, en la foto Nro. 25 se observa un Pad con riego por goteo.

El uso del tipo de emisor va a depender del tipo de mineral para lo cual se debe realizar pruebas metalúrgicas a fin de buscar que tipo de manguera se debe utilizar.

Veamos el flujo requerido por el gotero para una tasa de riego de 10L/hxm² mediante la siguiente ecuación:

Q = TRxDxd	TR = Tasa de Riego (L/hxm ²)	D = Distancia entre Líneas (m)
	Q = Caudal (Lph)	d = Distancia entre Goteros (m)

Tasa de Riego: 10 L/hxm²

Distancia Entre Goteros: 0,40m

Distancia Entre Líneas: 0,40m

1,6 L/h = 10 x 0,40 x 0,40

Flujo Requerido del Gotero: 1,6 Lph

- **Características de un Gotero utilizado en lixiviación de pilas**

MODELO: Hydromine PLASTRO de 16mm, espesor 35000mil

Tipo de gotero: Goteros integrados con doble salida

Caudal Nominal del gotero: 1.6 Lph

Distancia entre Goteros: 40cm

Rango de Presión: 10- 40 PSI

Máxima longitud de tendido de manguera: 75 mts +/- 2% S

Vienen en rollos de 400m.

Los goteros en su diseño tienen un laberinto por donde circula la solución para descargar por dos orificios de salida ubicado en los extremos del gotero, como se observa en las fotos Nro. 23 y 24.

Foto Nro. 23 Laberinto del Gotero



Foto Nro. 24 Gotero Transparente



Foto Nro. 25 Riego por Goteo



5.3.2 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Es un sistema de riego por lluvia de solución lixiviante producida por un aspersor que gira por efecto de la presión en la tubería. El mas usado en minería es el aspersor Wobbler Nro.7 y XCEL Wobbler Nro.7 como se observa en las fotos Nro. 26, 27 y 28. Con este tipo de riego se forma un perfil típico (grafico Nro. 12) de precipitación que van a depender de la presión, los aspersores van instalados cada 6mt en la tubería de 2" de diámetro formando un marco de riego que puede ser cuadrado o triangular (grafico Nro. 13), el marco de riego triangular genera un riego mas uniforme

Grafico Nro. 12



Grafico Nro. 13

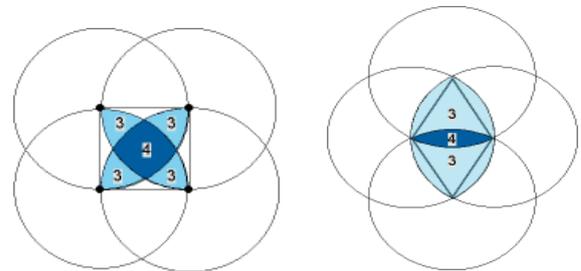


Foto Nro. 26 Wobbler standard 24 °



Foto Nro. 27 XCEL Wobbler estándar 24 °



Foto Nro. 28 XCEL Wobbler estándar 12 °

El uso de los sistemas de riego en la lixiviación va a depender del tipo de mineral, las condiciones ambientales (viento, temperatura), la calidad de la solución (limpia, con lamas etc.).

5.4 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (C.U)

Una de las formas de evaluar la uniformidad del riego sea por aspersión o goteo es **el coeficiente de uniformidad que se mide generalmente en porcentaje**. Un porcentaje del 100% significa que la totalidad de la Celda o Modulo ha recibido exactamente la misma cantidad de solución de riego en todas sus partes. La falta de uniformidad hace que unas partes de la Celda o Modulo reciban más que otras, por lo que es necesario añadir más solución para que las zonas que menos reciben tengan la suficiente. Ello hace que se deba regar en exceso si se quiere garantizar un buen suministro a la totalidad de la Celda se halla mediante la siguiente relación:

$$C.U = \frac{100(Q25\%)}{(Qmed)}$$

Donde:

Q25% es la media del 25% de los valores más bajos de los caudales o volúmenes de solución de todas las medidas realizadas en el campo

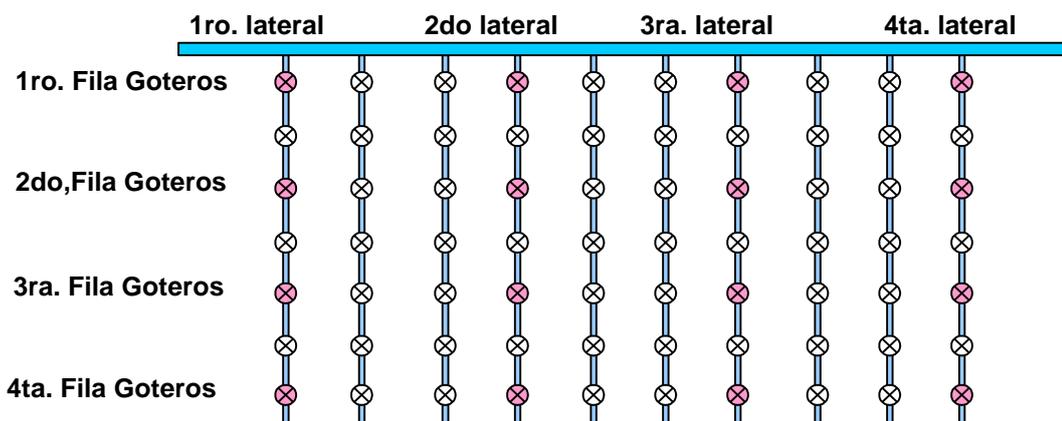
Qmed es la media de todos los caudales o volúmenes tomados en el campo

En la tabla Nro.6 se observa el cuadro de los coeficientes de Uniformidad

Tabla Nro. 6

Grado de Aceptabilidad	Coeficiente de Uniformidad
Excelente	90 - 100%
Bueno	80 - 90%
Regular	70 - 80%
Mala	Menor 70%

- Ejemplo del calculo del Coeficiente de Uniformidad (C.U)



Caudales medidos en litros / hora

	1ra. Fila Got,	2da, Fila Got,	3ra. Fila Got,	4ra. Fila Got,
1ro. Lateral	2,6	2,5	2,2	2,8
2da, Lateral	2,5	0,9	2,6	2,5
3ra. Lateral	2	2,1	2,2	1,9
4ta. Lateral	1,6	1,7	1,6	2,3

Q25% 1,45 l/h
 Qmed 2,125 l/h

CU = 68,24 %

Al ser el Coeficiente de Uniformidad (C.U) menor al 70% lo consideramos INACEPTABLE.

En el siguiente tabla Nro. 7 se ha calculado la taza de riego y el Coeficiente de Uniformidad en las siguientes celdas obteniendo 81.40% de C.U.

Tabla Nro. 7

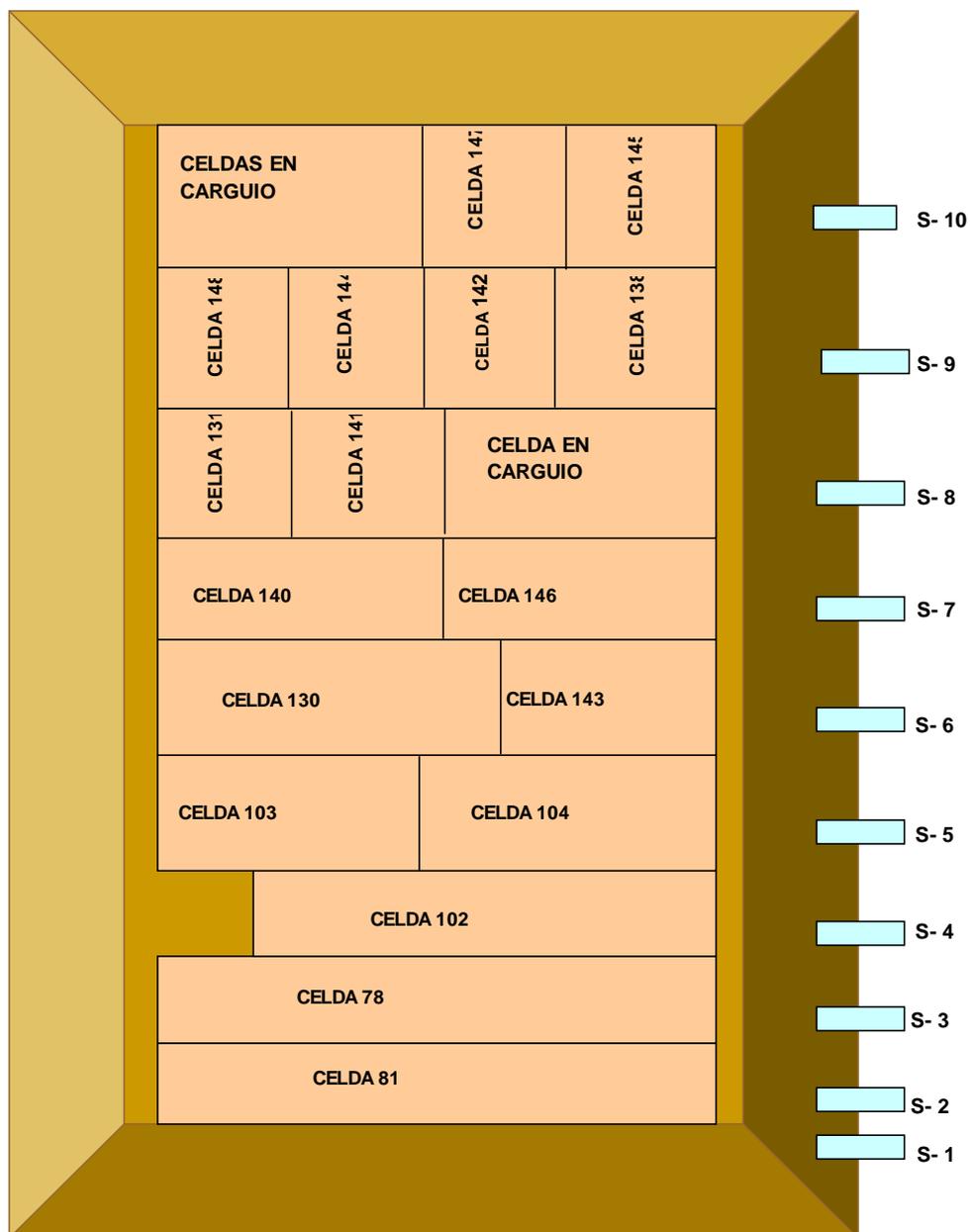
FLUJO RATE CELDAS CON ASPERSIÓN

N°	Fecha	Celda	Flujo Rate (L/h/m ²)	%C.U
1	09/06/2006	123	6,37	82,34
2	09/06/2006	120	10,83	83,90
3	09/06/2006	102	8,13	76,27
5	09/06/2006	128	7,83	79,92
6	09/06/2006	127	9,61	80,32
7	09/06/2006	133	9,89	81,70
8	13/06/2006	130	8,71	80,50
10	13/06/2006	129	8,25	77,98
11	13/06/2006	131	8,30	89,42
12	13/06/2006	126	8,64	84,55
13	13/06/2006	132	7,97	78,48
PROMEDIO			8,60	81,40

5.5 MEDICIÓN DE LOS FLUJOS EN TODAS LAS CELDAS DEL PAD Y MEDICIÓN DE LOS FLUJOS QUE PERCOLA DEL PAD

A fines del año del 2006 se realizo una medición de todos los flujos de solución lixivante que se envía a la pila por las tres bombas de lixiviación y la medición de los flujos que percolan de la pila de todas las celdas a través de los sumideros, en el siguiente grafico Nro. 14 se observa la distribución de las celdas en los Pads con sus respectivos sumideros.

Grafico Nro. 14



En la siguiente tabla Nro. 8 se muestra los flujos de riego de las celdas y los flujos que percolan por los sumideros.

Tabla Nro. 8

CAUDAL CON SE RIEGA AL PAD Y CAUDAL QUE PERCOLA DEL PAD

PAD 1 A		Flujo (m ³ /día)
CELDA 81	sin riego	
Taludes	con riego	805,20
FLUJO TOTAL DEL PAD		805,20
Sumidero 1		501,60
Sumidero 1		254,64
Total Sumideros		756,24
PAD 1 B		Flujo (m ³ /día)
CELDA 78	sin riego	
Taludes	con riego	624,00
FLUJO TOTAL DEL PAD		624,00
Sumidero 3		590,16
PAD 2 A		Flujo (m ³ /día)
CELDA 102	con riego	
Taludes	con riego	2.296,80
FLUJO TOTAL DEL PAD		2.296,80
Sumidero 4		2.196,24
PAD 2 B		Flujo (m ³ /día)
CELDA 103	con riego	168,21
CELDA 104	con riego	770,22
Taludes	con riego	648,00
FLUJO TOTAL DEL PAD		1.586,43
Sumidero 5		1.538,64
PAD 3 A		Flujo (m ³ /día)
CELDA 130	con riego	740,70
CELDA 143	con riego	310,90
Taludes	con riego	419,40
FLUJO TOTAL DEL PAD		1.471,00
Sumidero 6		1.409,76
PAD 3 B		Flujo (m ³ /día)
CELDA 140	con riego	238,49
CELDA 146	con riego	376,52
Taludes	con riego	871,20
FLUJO TOTAL DEL PAD		1.486,21
Sumidero 7		1.422,48
PAD 4 A		Flujo (m ³ /día)
CELDA 141	con riego	655,02
CELDA 131	con riego	164,34
Taludes	con riego	388,80
FLUJO TOTAL DEL PAD		1.208,16
Sumidero 8		1.168,80
PAD 4 B 1		Flujo (m ³ /día)
CELDA 144	con riego	655,02
CELDA 148	con riego	430,20
CELDA 138	con riego	938,52
CELDA 142	con riego	1.098,00
FLUJO TOTAL DEL PAD		3.121,74
Sumidero 9		2.935,68
PAD 4 B 2		Flujo (m ³ /día)
CELDA 145	con riego	731,65
CELDA 147	con riego	945,90
FLUJO TOTAL DEL PAD		1.677,55
Sumidero 10		1.650,48
FLUJO TOTAL QUE SE RIEGA AL PAD (m³ / día) =		14.277,08
FLUJO TOTAL QUE PERCOLA DEL PAD (m³/ día) =		13.668,48

En el Pad se esta quedando un aproximado de 5.0 % de solución

5.7 OPTIMIZACIÓN DE CAL Y CEMENTO

La dosificación de los reactivos químicos en la aglomeración en pilas ha ido cambiando de acuerdo a la variación de la calidad del mineral que ingresa a la pila, para lo cual en el año 2006 se realizaron pruebas metalúrgicas del mineral variando la dosificación del cemento y la cal como se muestra en la tabla Nro. 9 y grafico Nro. 15.

Tabla Nro. 9

Prueba de Lixiviación en Columna variando la dosificación de Cemento y Cal

Tiempo días	Cemento 2 Kg./TM Cal 0.2 Kg./TM	Cemento 1.5 Kg./TM Cal 0.45 Kg./TM	Cemento 1.0 Kg./TM Cal 0.50 Kg./TM	Cemento 0.70 Kg./TM Cal 0,55 Kg./TM	Cemento 0.50 Kg./TM Cal 0.90 Kg./TM
1	10,64	11,00	11,85	5,35	11,57
2	24,98	25,13	24,34	24,15	24,10
3	31,8	31,87	30,47	34,03	30,20
4	36,06	36,34	35,37	39,42	35,29
5	39,52	40,01	38,33	42,98	38,70
6	42,9	43,35	41,04	46,39	41,46
7	45,31	45,75	43,12	48,57	43,67
8	47,28	47,86	45,22	50,44	45,74
9	48,81	49,38	47,12	51,88	47,44
10	50,21	50,89	48,60	53,27	48,92
11	51,52	52,23	50,21	54,50	50,33
12	52,52	53,2	51,31	55,46	51,63
13	53,53	54,28	52,34	56,37	52,74
14	54,45	55,28	53,46	57,24	53,92
15	55,24	56,07	54,52	58,04	54,99
16	56,00	56,89	55,45	58,91	55,91
17	56,91	57,73	56,45	59,62	56,89
18	57,65	58,52	57,31	60,33	57,82
19	58,54	59,41	58,23	61,21	58,70
20	59,27	60,21	59,02	62,02	59,58
21	60,00	61,02	59,80	62,66	60,37
22	60,72	61,73	60,56	63,30	61,10
23	60,90	61,91	60,72	63,43	61,26
24	61,72	62,73	61,57	64,18	62,17

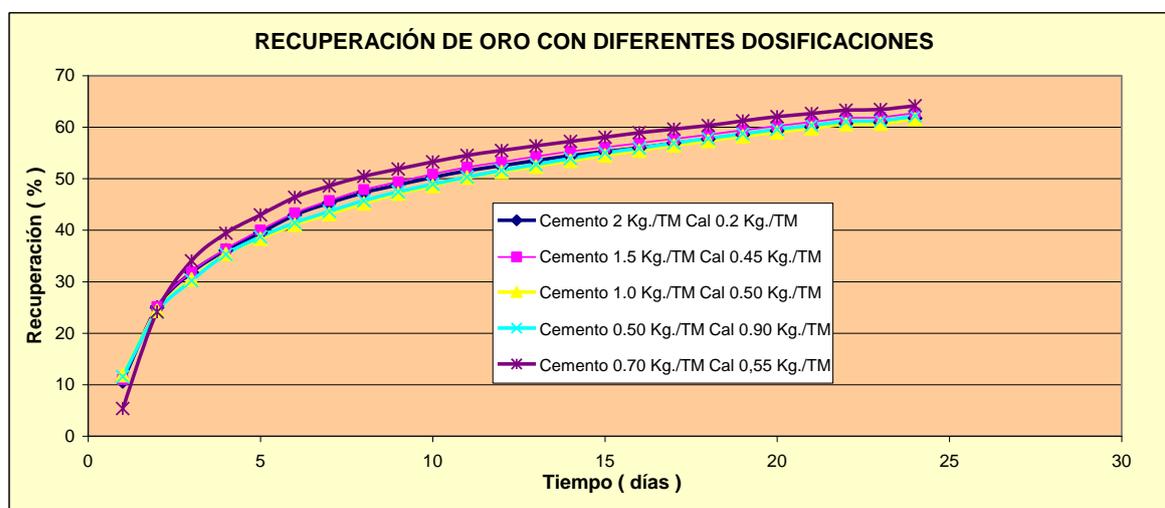


Gráfico Nro. 15

De acuerdo a la prueba metalúrgica se tiene una mayor recuperación con un ratio de cemento de 0.70Kg./TM y de cal 0.55Kg./TM,

Se cambio la dosificación a nivel industrial, en la siguiente tabla Nro. 10 se observa la variación del cemento cal y cianuro con la recuperación acumulada en los años 2003, 2004, 2005 y 2006.

Tabla Nro. 10

Ratios 2003 – 2004 – 2005 – 2006 (Kg./TM)					Recuperación Acum. (%)
AÑO	Cemento Pórtland	Oxido de Calcio	Cemento + CaO	Cianuro de Sodio	
2003	2,010	0,285	2,295	0,076	57,07
2004	2,081	0,272	2,353	0,074	65,07
2005	1,410	0,381	1,790	0,080	65,61
2006	0,700	0,550	1,250	0,108	68,55

En la siguiente tabla Nro. 11 se observa los dólares gastados por año por el consumo de cal y cemento donde se observa que hay un ahorro de 80728 US\$ en el año 2006 con la variación de ratio de cal y cemento.

Tabla Nro. 11

AÑO	TM	COSTO CEMENTO US\$	COSTO CAL US\$	COSTO TOTAL US\$
2003	1805224	398132	73364	471496
2004	2348280	536140	91073	627213
2005	2508461	387959	136358	524317
2006	2855145	219272	224317	443588

CAPITULO VI

POZAS DE OPERACIÓN EN MINA QUICAY

En La operación de la planta se cuenta con las siguientes pozas:

6.1 POZA Nº 1 POZA DE SOLUCIÓN PREGNANT

En esta poza llega toda la solución rica que percola de los Pads, tiene una capacidad de 9897m³ donde se encuentran las tres bombas de los circuitos de adsorción instalados en una plataforma flotante.

6.2 POZA Nº 2 POZA DE SOLUCIÓN BARREN

En esta poza llega toda la solución barren procedente de la descarga de los circuitos de adsorción tiene una capacidad de 11100m³ donde se encuentran las dos bombas que envían la solución al Pad de lixiviación instalados en una plataforma flotante.

6.3 POZA Nº 3 POZA DE SOLUCIÓN DE GRANDES EVENTOS

En esta poza llega la solución remanente de la poza barren por intermedio de un aliviador, en la época de lluvia donde se almacena la solución excedente y en la época de estiaje retorna al proceso tiene una capacidad de 72543m³.

6.4 POZA Nº 4 POZA DE SOLUCIÓN BARREN

Esta poza tiene una capacidad de 64000m³ (se esta terminado su construcción) aquí se instalara todas las bombas de lixiviación donde la poza Nro. 2 estará en stand by.

6.5 POZA DE HIDROLISIS

Esta poza se utiliza cuando entra en operación la planta de detoxificación de soluciones cianuradas tiene una capacidad de 2500m³

Todas las pozas están construidas en forma de una pirámide truncada invertida y revestidas con geomembrana como se muestra en la foto Nro. 29.

Foto Nro. 29 Pozas de Quicay



Sumando las capacidades de las tres pozas de operación tendríamos una capacidad de almacenamiento de 93540m^3 y debido con la construcción de las nuevas plataformas de lixiviación etapa 4, se realizó el balance de aguas donde se concluyó que se necesitaría 158000m^3 de capacidad de pozas por lo que se empezó con la construcción de la poza Nro. 4 de 64000m^3 de capacidad.

CAPITULO VII

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA POZA Nº 4

La construcción de la poza Nro. 4 empezó a fines de año 2006 con una capacidad de 64000m³ esta poza esta ubicado al costado derecho de la poza Nro. 2 teniendo un costo total promedio de 8US\$/m³, para el diseño de la poza se tiene en consideración los siguientes aspectos:

7.1 BALANCE DE AGUA

Para el balance de aguas se presenta las características de los flujos que intervienen en el Pad de Lixiviación Quicay. El resultado de dicho balance permitirá determinar si el volumen total actual de las pozas de operaciones (pregnant y barren) y la poza de grandes eventos existentes, es suficiente para controlar las fluctuaciones del volumen de agua almacenada propias de la variación estacional, es decir la diferencia entre precipitación y evaporación durante el proceso de riego y recirculación de la solución sobre y desde el mineral depositado en las pilas de lixiviación. Asimismo, el volumen total existente debe contener las siguientes eventualidades:

- Detención total del sistema de bombas
- Precipitación extrema con un periodo de retorno de 500 años

Adicionalmente, el balance mostrara si eventualmente se requerirá un ingreso extra de agua fresca al sistema a fin de garantizar una tasa de riego constante durante todo el proceso.

El objetivo final de este balance es determinar la necesidad de un apoza adicional para garantizar que el exceso de agua que ingrese al sistema (pozas + Pad) pueda ser controlado por las pozas o sea necesario una planta de destrucción de cianuro que permita el tratamiento de excesos de aguas en el sistema. El modelo utilizado para realizar el balance tomo como información el Pad de lixiviación, su configuración, el plan de carguio del mineral sobre las pilas, la tasa de riego la capacidad de absorción del mineral depositado así como las variables metereologicas de precipitación y evaporación que contribuyen al ingreso o salida de agua del sistema. El análisis incluye simulaciones para diferentes escenarios

(combinaciones históricas de precipitación y evaporación) que podrían ocurrir durante la vida útil del Pad

Los criterios utilizados para el balance de aguas se presentan en la tabla Nro.12.

El balance de aguas ha sido modelado en forma mensual (escenarios) utilizando para ello diferentes secuencias de precipitaciones y evaporaciones totales mensuales las cuales corresponden a registros reales de la estación de cerro de pasco en los periodos 1960-1966, 1975-1977, 1980-1995, 1998-2002. El modelo toma en cuenta como ingresos la precipitación sobre el sistema y eventualmente adiciones de agua fresca para asegurar el mínimo necesario para operaciones. Las salidas consideradas son la evaporación sobre las pilas (ya sean estén bajo riego o se haya concluido su riego), evaporación sobre bermas evaporación sobre pozas, la evaporación durante el proceso mismo de regado de la solución así como la capacidad de absorción del mineral un vez regado.

Mediante un proceso de adición (ingresos y sustracciones (salidas) de agua al sistema podemos determinar mes a mes el volumen total de operación normal necesario por todas las pozas en conjunto. Si en determinado mes, el valor resultante del balance es menor al volumen mínimo requerido para mantener el sistema en operación, será necesario un ingreso extra de agua fresca al sistema. Si en determinado mes, el valor resultante del balance es mayor que la capacidad total de las pozas existentes, entonces será necesario un volumen adicional de poza (una poza adicional) o en su defecto una planta de destrucción de cianuro.

El modelo toma en cuenta las contingencias de parada total de las bombas y la ocurrencia de la tormenta de diseño (precipitación para un periodo de retorno de 500 años), las cuales pueden ocurrir en cualquier mes del periodo analizado y en el peor de los casos en simultáneo. Para ambas contingencias se ha considerado 24 horas de tiempo de ocurrencia.

El balance mostrara finalmente la capacidad que deberá tener (de ser necesario) mes a mes, una poza adicional a fin de evitar probables desbordes, siendo el mayor valor obtenido como el adoptado como volumen mínimo necesario para la poza adicional.

De acuerdo a este balance se desprende la necesidad de una poza adicional cuyo volumen será de 44800m^3 considerando conservadoramente que la poza de eventos trabaja al 70% de su capacidad tenemos que la capacidad total necesaria será de 64000m^3 aproximadamente.

Tabla Nro.12

Criterios de Diseño utilizados en el Balance de Aguas

Volumen poza Pregnant	9897m ³
Volumen poza Barren	11110m ³
Volumen poza de grandes Eventos	72543m ³
Volumen máximo utilizado poza Pregnant	70%
Volumen máximo utilizado poza Barren	70%
Volumen máximo utilizado poza de grandes Eventos	100%
Volumen minino de las Pozas	1000m ³
Volumen Inicial de las pozas (fines 2006)	65360m ³
Espejo de agua total de las pozas en conjunto	18065m ²
Factor de evaporación de las pozas	0,7
Factor de evaporación del área Lixiviada	0,9
Factor de evaporación de pilas y bermas	0,25
Perdidas por evaporación por aspersión	4%
Tormenta para periodo de retorno de 500 años (24 horas)	60mm
Humedad inicial del mineral (temporada lluvias)	12,50%
Humedad inicial del mineral (temporada secas)	7,50%
Humedad durante lixiviación (saturación)	15%
Tasa de riego	8,5 L/hxm ²

7.2 ESTUDIO DEL SUELO

Con la finalidad de conocer las características del subsuelo se efectuaron 06 excavaciones con excavadora CAT-330, distribuidos convenientemente a fin de cubrir toda el área de estudio, las profundidades de las calicatas variaron entre 3.8 y 5.0m con las muestras se realizaron pruebas en un laboratorio geotécnico hallando el perfil estratigráfico del suelo, plasticidad, consistencia, humedad, color forma de fragmentos etc.

Los materiales de cimentación de la poza barren y el Pad de lixiviación quicay se caracterizan por pertenecer aun solo deposito de naturaleza morrenica, caracterizándose por presentar materiales gruesos en una matriz intrínsecamente fina, el resultado indica que el suelo de cimentación donde se ha proyectado la estructura clasifica en el sistema SUCS como "GC" grava arcillosa de plasticidad media con IP promedio de 16.5. La distribución promedio de los materiales es: grava 26%, arena 23% y finos 51% con un contenido de humedad que varia de 7.9 a 10.5%.

7.3 CONSTRUCCIÓN DE LA POZA Nro. 4

La nueva poza barren Nro.4 cubre una extensión aproximada de 33720m² y a sido configurada de manera de optimizar una capacidad de 64000m³.

El emplazamiento de la poza barren ha sido definido aprovechando el área poco inclinada de la zona, delimitada por los desniveles existentes en la zona norte, y por la disposición de las actuales pozas de operación. Las investigaciones de campo efectuadas en la zona, definen un nivel de cimentación variable, para lo cual se deberá excavar el terreno en profundidades que van de 2 a 6m de profundidad de manera que se eliminen los estratos de material inadecuado y llegue al nivel previsto de cimentación en los diseños.

El diseño considera pendientes en la superficie de excavación no mayores de 2H: 1V y no menores que 1%, los taludes externos de la poza son 2H: 1V y en la cara interna de 2.5H:1V esta geometría obedece a los cálculos de estabilidad efectuados para la poza y las condiciones necesarias para los equipos mecánicos encargados de la compactación de los rellenos con que será conformado la poza.

En el perímetro de las pozas se han dispuesto accesos con anchos efectivos de 4, 6 y 10m, para permitir tareas de operación y mantenimiento, mediante acceso peatonal y/o vehicular. Por condiciones de seguridad, los caminos de acceso tienen bermas de seguridad de 0.5m de altura, en todo el perímetro de las pozas.

Las estructuras de la poza lo integran los siguientes aspectos:

7.3.1 SISTEMA DE SUBDRENAJE

El sistema de subdrenaje se emplaza sobre el nivel de cimentación de la poza barren y tiene por objeto captar y derivar las aguas de infiltración provenientes de la cimentación conduciéndolas hacia la poza de monitoreo.

En este sentido el diseño contempla la remoción del material hasta llegar al nivel de cimentación previsto. Además se ha visto conveniente proyectar una zanja para la descarga del colector principal de drenaje. Debido a las condiciones topográficas existentes la zanja tendrá una profundidad variable de 1 y 5.0m y 3.0m de ancho en la base y una tubería colectora perforada CPT (tipo SP) de 8" de diámetro.

Aguas arriba de la zanja de drenaje se ubica el sistema de subdrenes siguiendo la configuración típica de espina de pescado. El sistema de subdrenaje esta compuesto

por drenes principales y drenes secundarios. Los drenes principales están conformados por tuberías corrugadas CPT perforadas de 0.20m de diámetro dispuestas en la parte más baja y central de la plataforma. Los drenes secundarios están conformados por tuberías CPT perforados de 0.10m de diámetro y se conectan a los drenes principales empleando accesorios provistos por el fabricante. Tanto los drenes principales como los secundarios están confinados en una zanja trapezoidal de material granular drenante, mantienen una cobertura mínima de 0.50m.

7.3.2 POZA DE MONITOREO DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE

La poza de monitoreo del sistema de subdrenaje es una estructura ubicada al pie de la poza barren y que se encarga de captar los flujos provenientes del colector principal de descarga de los subdrenes.

La poza tiene 5.0m de ancho y 5.0m de largo en la base, y una profundidad de 2.5m con taludes de 2.5H:1V en sus paredes laterales. La capacidad de almacenamiento de esta poza es de 174.5m³ manteniendo un borde libre de 0.50m.

Esta poza tiene un revestimiento de suelo compuesto por arcilla compactada de 0.30m de espesor y una cobertura de geomembrana de HDPE de 1.5mm de espesor (60mil) que aseguran un doble sistema de contención de fugas.

7.3.3 SISTEMA DE REVESTIMIENTO

El sistema de revestimiento para la contención de soluciones ha sido diseñado para cumplir con requerimientos estándares para sistemas de revestimiento de plataformas de lixiviación y pozas de procesos estipulados por el estado de nevada de los estados unidos.

El revestimiento que sirve de contención ante posibles fugas, cubre completamente la superficie de la poza barren, y esta compuesta por tres capas impermeabilizantes y una capa de material filtrante, dispuestas de arriba hacia abajo conforme se describe a continuación:

- Revestimiento primario de geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm (60mil).
- Material filtrante intermedio de Geonet de 6.3mm (GSE Hypernet o similar).
- Revestimiento secundario de Geomembrana lisa de LLDPE de 1.5mm de espesor (60 mil).

- Capa impermeabilizante de arcilla compactada (soil liner) de 30 cm de espesor.

Con la finalidad de coleccionar posibles filtraciones entre las geomembranas se ha visto por conveniente colocar una capa de material filtrante compuesta por geonet de 6.3mm de espesor (GSE o equivalente), que servirá como un medio poroso que se encargara de captar y conducir estas filtraciones hacia el sumidero de la poza barren.

Además de los ensayos destructivos y no destructivos empleados para el control de calidad los revestimientos primario y secundario deberán ser sometidos a una prueba hidrostática, antes de poner la poza en operación que consiste en llenando las pozas hasta alcanzar el nivel del vertedero inspeccionado el sistema de recuperación de fugas.

7.3.4 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUGAS (SRF)

Entre los revestimientos primario y secundario de geomembrana, se encuentra el sistema de recuperación de fugas (SRF), que ha sido diseñado para permitir la captación y conducción de fugas que pudieran presentarse por defectos en la instalación de la geomembrana.

La poza barren tiene una pendiente promedio en la base de 2% en dirección al sumidero del SRF, que permite que los flujos producidos por posibles filtraciones puedan discurrir hacia el sumidero por gravedad.

El sumidero del SRF se ubica en el extremo nor. Oriental de la base de la poza. Tiene 2.5m de ancho, 2.5m de largo y una profundidad de 0.50m por debajo de la base de la poza. Una tubería sólida de HDPE de 12" de diámetro sirve como manga de protección para la instalación de una bomba sumergible que se encargara de recircular los posibles flujos provenientes de las filtraciones. Esta manga se extiende desde la cresta de la poza hasta el sumidero del SRF. En la base de la poza, la tubería se bifurca con un accesorio TEE al cual se conectan dos ramales perforados que permiten el ingreso de los flujos. Una cobertura con material drenante en la base de la manga facilita la función de hacinamiento y de conductividad para filtraciones.

7.3.5 ALIVIADERO DE DEMASÍAS Nro.1 y Nro. 2

El aliviadero de demasías N° 1 comunica la actual poza de operaciones con la nueva poza barren, de manera que cuando la actual poza de operaciones rebase su nivel máximo operativo, los flujos puedan fluir de esta poza a la poza barren

El aliviadero es básicamente un canal de 6.0m de ancho de base y taludes de 5H:1V con una pendiente de 2% y un tramo de 31.9m de longitud esta revestido con geomembrana HDPE de 1.5mm de espesor.

El aliviadero de demasías N° 2 se utiliza para el caso de avenidas máximas, la poza Nro.4 cuenta con un aliviadero de emergencia que empezara a operar cuando el nivel alcance la elevación máxima de operación ubicada en la cota 4293.3 msnm. Los flujos están derivados desde la poza Nro.4 hacia la poza de grandes eventos sobre un canal que abarca 127.1m de longitud.

Este formado con un canal de 6.0m de ancho, una altura de 1.0m y taludes laterales de 5H: 1V esta recubierta por una capa de geomembrana HDPE de 1.5mm de espesor, en la siguiente Tabla Nro. 13 se muestra las características de la poza.

Tabla Nro. 13

CARACTERÍSTICAS DE LA POZA N° 4

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Capacidad total de la Poza	64,000m ³
Tipo de Solución Almacenar	Solución Barren
Talud Interno de la Poza	2,5H:1V
Talud Externo de rellenos /cortes	2,0H:1V
Forma de la Poza	Pentágono Irregular
Tipos de Revestimiento	Revestimiento Primario Geomembrana HDPE lisa de 1,5mm espesor Material Filtrante Intermedio Geonet de 6,3mm (GSE Hypernet o similar) Revestimiento Secundario Geomembrana LLDPE lisa de 1,5mm espesor Capa impermeabilizante de Arcilla Compactada Soil Liner de 30cm de espesor
Sistema de recuperación de Fugas	Recirculación mediante bombeo de posibles flujos captados entre los revestimientos primario y secundario
Sistema de Subdrenaje	Disposición de acuerdo con el esquema espina de pescado, con un colector principal que descarga sobre una poza de monitoreo de subdrenes de 174,5m ³ de capacidad
Aliviadero de Demasías N° 1	Conecta la actual poza de operaciones con la nueva poza barren de manera de poder descargar las aguas de operación hacia la nueva poza en casos de emergencia de operación
Aliviadero de Demasías N° 2	Conecta la nueva poza barren con la poza de grandes eventos su operación se producirá en condiciones de máximas avenidas y servirá como control de la poza a fin de evitar su desbordamiento,



Foto Nro. 30
Compactado de la Poza



Foto Nro. 31 Instalación
de la Geomembrana



Foto Nro. 32 Colocación
De Geonet

Foto Nro. 33 Colocación de Geomembrana y Geonet



Foto Nro. 34 Poza Nro. 4 Terminado



CAPITULO VIII

DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA NUEVA BOMBA DE LIXIVIACIÓN

Una vez terminado la construcción de la poza Nro 4 se lleno de solución barren para proceder la instalación de la nueva bomba de lixiviación.

- **Diseño de un equipo de Bombeo**

Para el diseño de un equipo de bombeo (bomba, tubería etc.) se debe tener presente los conceptos básicos de hidráulica como caudal, presión, viscosidad, peso, específico, número de Reynold, potencia etc. Se utiliza la experiencia práctica, las ecuaciones que existen en la literatura y las tablas proporcionadas por el proveedor.

La bomba centrífuga es el tipo mas empleado en la industria, esta bomba bombea líquidos de todos los tipos y pueden ser construidos en un amplio rango de materiales resistentes a la corrosión, en general es usado en muchas operaciones de bombeo, estas bombas se encuentran en el mercado en una gran variedad.

8.1 ALTURA DINAMICA TOTAL (ADT)

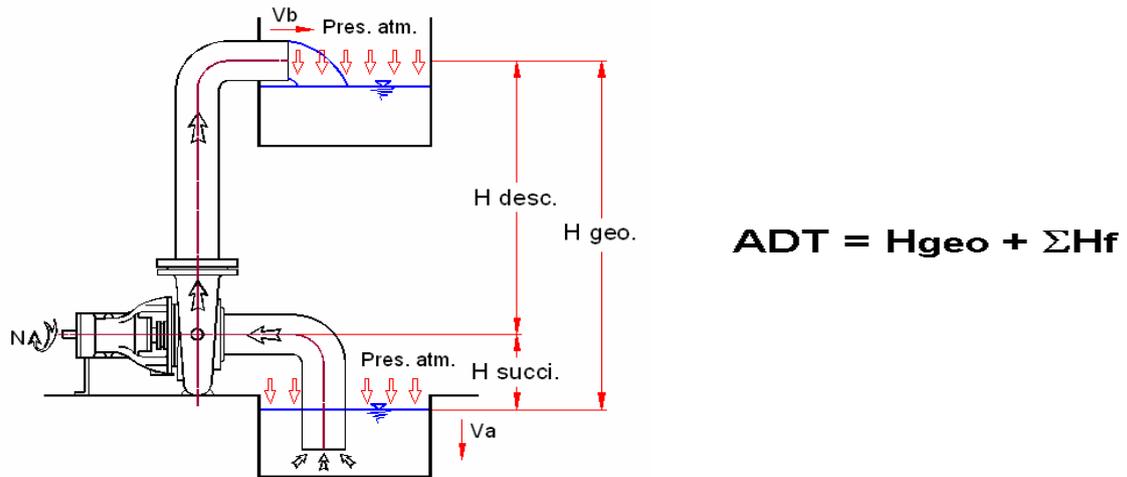
Es la energía que requiere el fluido en el sistema para trasladarse de un lugar a otro, se representa como la altura de la columna del líquido a elevar, se expresa normalmente en metros del líquido a bombear.

La presión de una bomba o energía mecánica transmitida al líquido debe ser tal que permita vencer los siguientes factores:

- A. La altura estática (diferencia de niveles entre la toma y entrega del liquido)
 $H_{desc} = H_e = H_{geométrica} = H_{geo}$
- B. Las pérdidas de carga por fricción del fluido con la tubería
- C. Pérdidas por accesorios (codos, válvulas, reducciones etc.)
- D. Los requerimientos de presión (equipo de riego aspersión o goteo)

En el siguiente grafico Nro. 16 se muestra la ADT

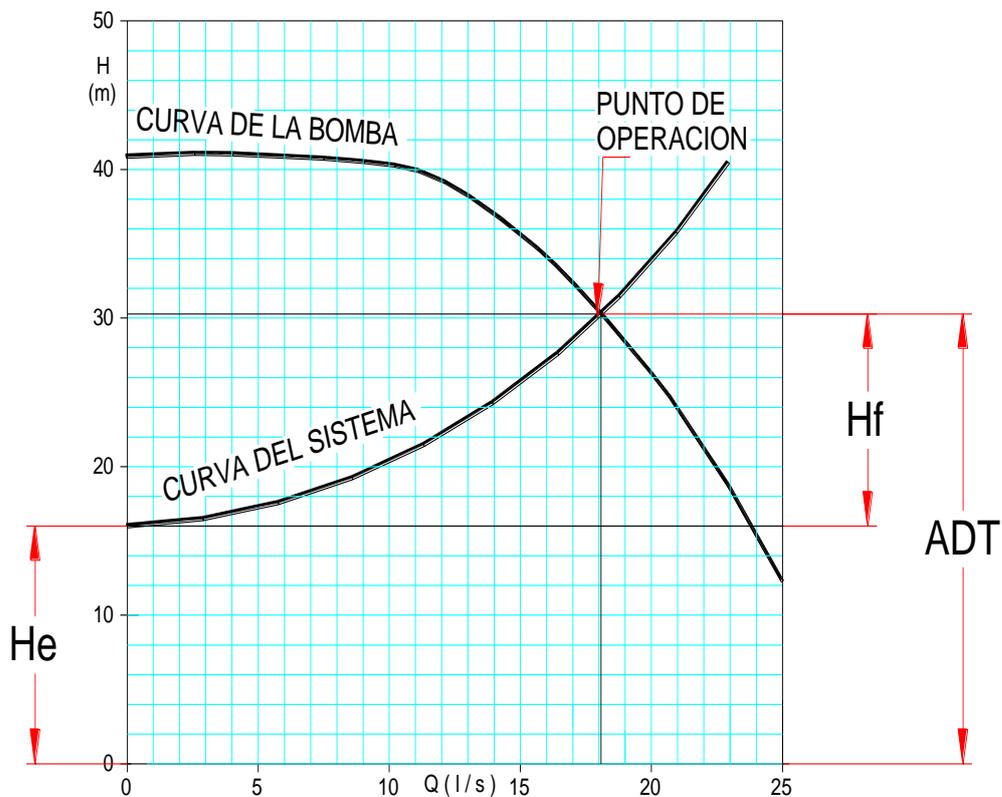
Grafico Nro. 16



8.2 CURVA DEL SISTEMA - PUNTO DE OPERACIÓN

En el grafico Nro. 17 se observa el punto de operación de la bomba

Grafico Nro. 17



8.3 PERDIDAS EN TUBERIAS

Se tiene las siguientes perdidas:

- **PERDIDAS POR FRICCIÓN**

Es la pérdida por fricción producto de la resistencia de la tubería que opone al paso del líquido se halla mediante la formula de Hazen - Williams.

FORMULA DE HAZEN – WILLIAMS

$$H_f = 10.643 \times Q^{1.85} \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times L$$

H_f : Pérdidas de carga, expresado en metros (m).

Q : Caudal transportado (m³/s).

C : Coeficiente de Rugosidad de Hazen y Willianms.

Tubería de Acero: C = 110

Tubería de PVC : C = 140

Tubería de Polietileno: C = 150.

D : Diámetro interior de la tubería (m.).

L : Longitud de la tubería en (m)

Estas perdidas deben calcularse para la succión y la descarga.

La altura de succión (H_s) se toma desde el nivel del agua hasta el eje de la bomba

La altura de descarga (H_d) se toma desde el eje de la bomba hasta la descarga

Altura Geodesica (H_{geo}) seria la suma de la altura de succión más la altura de descarga, esto va depender de la forma de configuración del sistema.

- **PERDIDAS POR ACCESORIOS**

Estas pérdidas son menores, son pérdidas de energía que se producen por la instalación de accesorios, tales como válvulas, codos, reducciones, etc.

$$H_s = \Sigma(K \times V^2/2g)$$

- Hs : Pérdidas de accesorios menores en metros (m).
V : Velocidad de circulación del líquido (m/s).
g : aceleración de gravedad (9.8m / s²).
K : constante adimensional de coeficiente de resistencia que depende de los accesorios que contemplan el diseño.

- **REQUERIMIENTOS DE PRESIÓN (P) DEL SISTEMA**

Es la presión mínima que se requiere, para que un determinado sistema funcione, se expresa en m, y vale cero, si la bomba descarga a través de la tubería libremente hacia la atmósfera. Si la bomba debe llenar un estanque a presión, o mover aspersores, o salir a través de goteros, se debe considerar la presión de trabajo de estos elementos:

Presión promedio de los accesorios de Riego

Accesorios	Presion (m)
Goteros	3 a 5
Micro aspersores	16
Aspersores	25 a 35

La presión (m) está medida en metros de columna de agua.

8.4 POTENCIA DE LA BOMBA (P)

Conociendo la ADT, el Q y la n (eficiencia) podemos hallar la potencia Hidráulica de la Bomba mediante la siguiente relación.

$$P = \frac{Q \times H \times S}{75 \times n}$$

- P : Potencia consumida por la bomba (potencia del eje de la bomba) en HP
- Q : Caudal (L/s)
- H : ADT Altura (m) + requerimientos de presión
- S : Gravedad específica (1 para agua limpia)
- n : Eficiencia (%) de la bomba

La potencia comunicada a la bomba es proporcionada por una maquina motriz, la cual en su eje, deberá entregar una potencia efectiva igual o mayor a la requerida La potencia del motor se calcula.

$$P = \frac{\text{Potencia de la Bomba}}{n \text{ motor}}$$

El valor de la potencia del motor eléctrico, va depender a que altura va a trabajar la bomba mayormente las bombas en minería operan a alturas superiores al nivel del mar por lo que se debe incrementar por cada 100m de altura sobre el nivel del mar 1% de la potencia hidráulica.

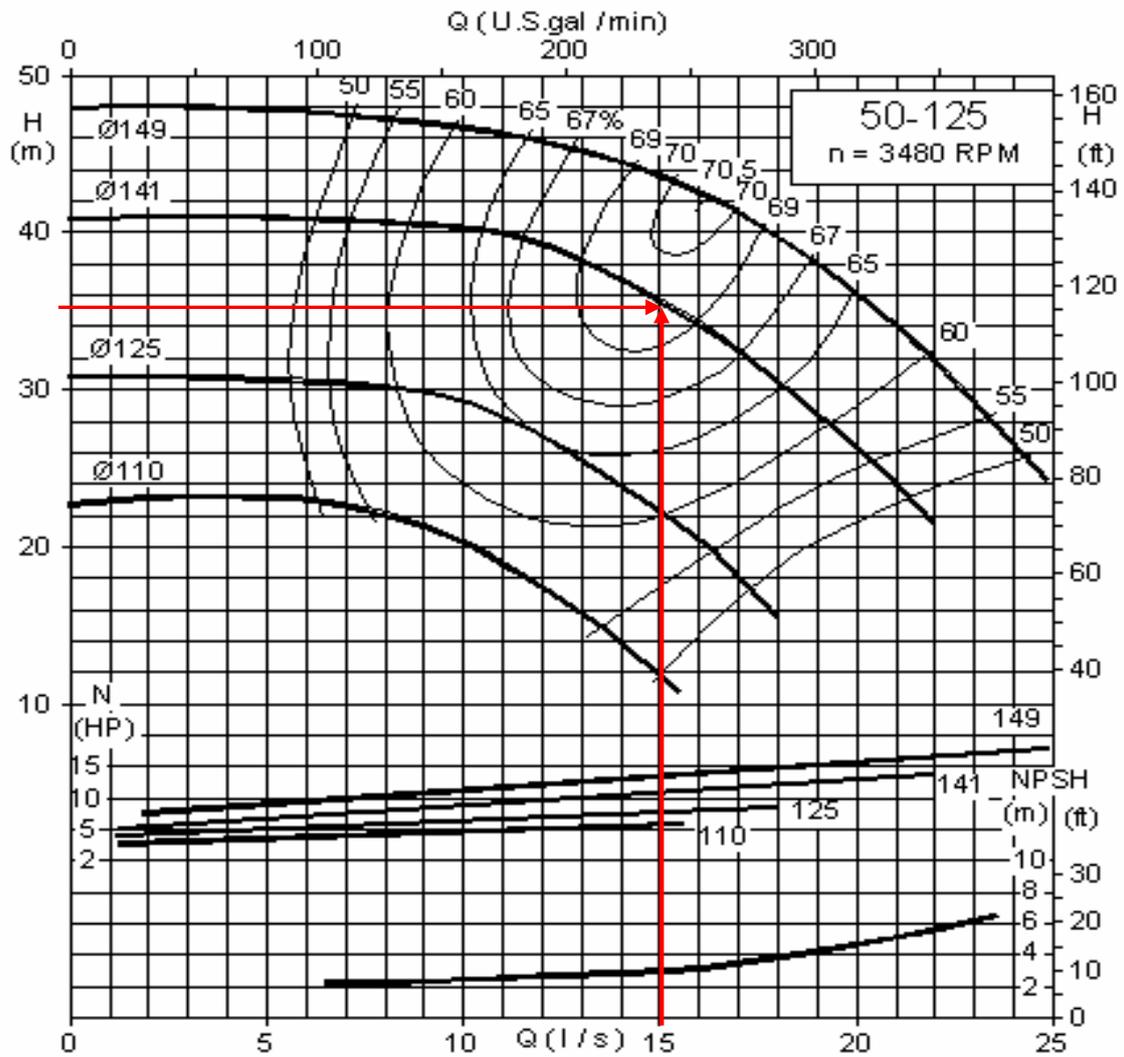
8.5 CURVAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Son curvas entregadas por los fabricantes de las bombas, con el propósito de seleccionar el equipo más adecuado, para cada necesidad particular.

Cada bomba esta diseñada para condiciones determinadas respectos a: la altura (ADT), la eficiencia (n), el NPSH_{requerido} (NPSH_r) y la potencia absorbida (P) que están en función del caudal (Q).

Estas curvas se obtienen ensayando la bomba en un Pozo de Pruebas, en el siguiente grafico Nro. 18 se muestra las curvas de la bomba centrifuga 50 -125.

Grafico Nro. 18



CAUDAL : 15 l/s
ADT : 35 m
EFICIENCIA : 69%
POTENCIA ABS.: 10.1 HP
POT. MAXIMA: 13 HP
VELOCIDAD : 3480 RPM
DIAM. IMPULSOR: 141 mm
NPSHr : 3 m

Para una óptima selección de las bombas centrífugas aparte del caudal, la altura dinámica total y la potencia mecánica necesaria para accionar la bomba dentro de su máxima eficiencia se debe considerar las propiedades del fluido a bombear, como también la ubicación de esta con respecto al nivel del mar.

Se debe tener en consideración que las bombas centrífugas están diseñadas para trabajar con líquidos que por su naturaleza son incomprensibles, y estos se deben comportar de ese modo a su paso por la bomba, por esta razón las bombas no pueden funcionar correctamente con fluidos comprensibles, tales como los son el vapor de agua o los gases; que en caso de presentarse durante la operación de bombeo, producen serios trastornos, tanto desde el punto de vista hidráulico como mecánico, dichos trastornos reciben el nombre de cavitación.

8.6 CAVITACIÓN DE LAS BOMBAS

Cuando el agua fluye líquida a través de un tubo a cierta velocidad, tiene al mismo tiempo cierta presión estática que puede ser medida con un manómetro, si se aumenta la velocidad del agua o se reduce la dimensión del tubo, esta presión estática disminuye. Si la velocidad es lo suficientemente alta, la presión estática puede alcanzar un valor tan bajo que el líquido comienza a hervir.

Este fenómeno es debido a que el punto de ebullición del agua es variable y varía con la presión atmosférica que a su vez varía con la altitud, normalmente el agua hierve a 100°C, pero esto se supone a una presión normal, es decir de 760mmHg o 10.33m de agua, esta presión es lo que hay normalmente al nivel del mar. En la cima de una montaña en la que la presión atmosférica es menor, la ebullición puede tener lugar a 90°C. El agua en los tubos se comporta de manera similar. Al reducirse la presión estática aumenta la tendencia a hervir.

El agua a una temperatura de 85°C se convierte en vapor cuando la presión absoluta ha descendido aproximadamente a 5.9m o también se podría decir que el agua hierve con una temperatura de 85°C a una altura de 4436m sobre el nivel del mar.

Cavitación. Fenómeno que ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forman burbujas de vapor. El líquido comienza a “hervir”. Estas burbujas colapsan al aumentar la presión dentro de la bomba originando erosión del metal. Se manifiesta

como ruido, vibración; reducción del caudal, de la presión y de la eficiencia. Originan deterioro del sello mecánico.

8.7 NPSH (NET POSITIVE SUCCIÓN HEAD)

NPSH se define como la presión estática a que debe ser sometido un líquido, para que pueda fluir por si mismo a través de las tuberías de succión y llegar finalmente hasta inundar los alabes en el orificio de entrada del impulsor. La presión que motiva este flujo proviene algunas veces de la presión atmosférica únicamente o de la altura estática más la presión atmosférica y también en algunos casos hay una presión auxiliar, para facilitar los cálculos se ha dividido:

- **NPSH_{requerido}**

Depende exclusivamente del diseño interno particular de cada bomba esta energía mínima (presión) es requerida en la succión de la bomba para permitir un funcionamiento libre de cavitación. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado, se encuentra en las curvas de las bombas.

Depende de:

- Tipo y diseño de la bomba
- Velocidad de rotación de la bomba
- Caudal bombeado.

- **NPSH_{disponible del sistema}**

Depende exclusivamente de las características hidráulicas de la red externa de succión conectada a la bomba. Este valor debe ser calculado para cada instalación. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado en el grafico N ro. 19 se observa los tipos de succión positiva y negativa.

Depende de:

- Tipo de líquido
- Temperatura del líquido

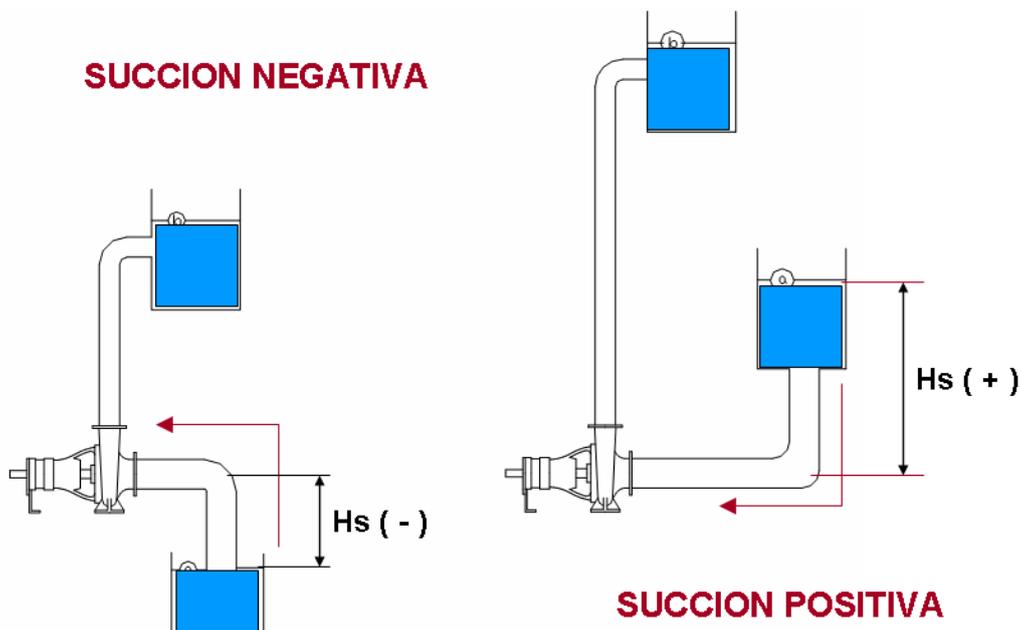
- Altura sobre el nivel del mar (Presión atmosférica)
- Altura de succión
- Pérdidas en la succión

CALCULO DEL NPSH_d

$$\text{NPSH}_d = \frac{P_a - P_v + H_{\text{suc}} - H_f}{GE}$$

- Pa : Presión atmosférica (m) a determinada altitud
- Pv : Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (m)
- GE : Gravedad específica del líquido bombeado a la temperatura de bombeo
- Hsuc : Altura de succión (+ ó -) en (m)
- Hf : Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m)

Grafico Nro. 19



Para que la bomba no cavite se tiene que cumplir

$$\text{NPSH}_{\text{DISPONIBLE}} > \text{NPSH}_{\text{REQUERIDO}}$$

En las Tablas Nro. 14 y 15 muestran la temperatura del agua, peso específico, presión de vapor y la presión con respecto a la altitud.

- **TABLAS DE VARIACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO, PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS**

Tabla Nro. 14

Temperatura ° C	Peso Especifico Kg/dm ³	Presion de Vapor m
0	0,9998	0,062
10	0,9996	0,15
20	0,9982	0,238
30	0,9955	0,432
40	0,9921	0,752
50	0,988	1,258
60	0,9831	2,031
70	0,9777	3,177
80	0,9718	4,829
90	0,9653	7,149
100	0,9583	10,332

- **TABLA DE LA VARIACIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFERICA CON LA ALTITUD**

Tabla Nro. 15

ALTITUD msnm	Pa (m)
0	10,33
500	9,73
1000	9,13
1500	8,53
2000	8,00
2500	7,57
3000	7,05
3500	6,62
4000	6,20
4500	5,78
5000	5,37

8.8 DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO

En la planta de Quicay se contaba con tres bombas de lixiviación que juntos daban un caudal promedio de 600m³/h, pero debido a las ampliaciones (incremento del área de riego en los Pads y circuitos de adsorción) se tiene que aumentar la capacidad de riego por lo que se empezó la adquisición de una bomba de mayor potencia.

En la tabla Nro. 16 se observa las características de las Bombas de Lixiviación Nro. 1, 2 y 3 que están en servicio en la mina.

Tabla Nro. 16

BOMBA DE LIXIVIACIÓN Nro. 1

Características de la Bomba		Características del Motor	
Bomba Horizontal Hidrostral		Motor Eléctrico Trifásico Wegg	
Caudal	150 m ³ /h	Velocidad	3540 RPM
NSPHr	3,2 m	Voltaje	440 V
ADT	110 m	Amperaje	177 A
Diámetro Impulsor	268 mm	Frecuencia	60 Hz
Descarga	6 pulgadas	Potencia	150 HP
Eficiencia	74,5 %		
Potencia	82 HP		

BOMBA DE LIXIVIACIÓN Nro. 2

Características de la Bomba		Características del Motor	
Bomba Tipo Turbina vertical VTP Flow serve		Motor Eléctrico Trifásico de Eje Hueco Ingersoll	
Caudal	170 m ³ /h	Velocidad	1780 RPM
NSPHr	4,2 m	Voltaje	440 V
ADT	120 m	Amperaje	155 A
Impulsores	6	Frecuencia	60 Hz
Descarga	8 pulgadas	F.s	1,15
Eficiencia	78,5 %	Potencia	125 HP
Potencia	96 HP		

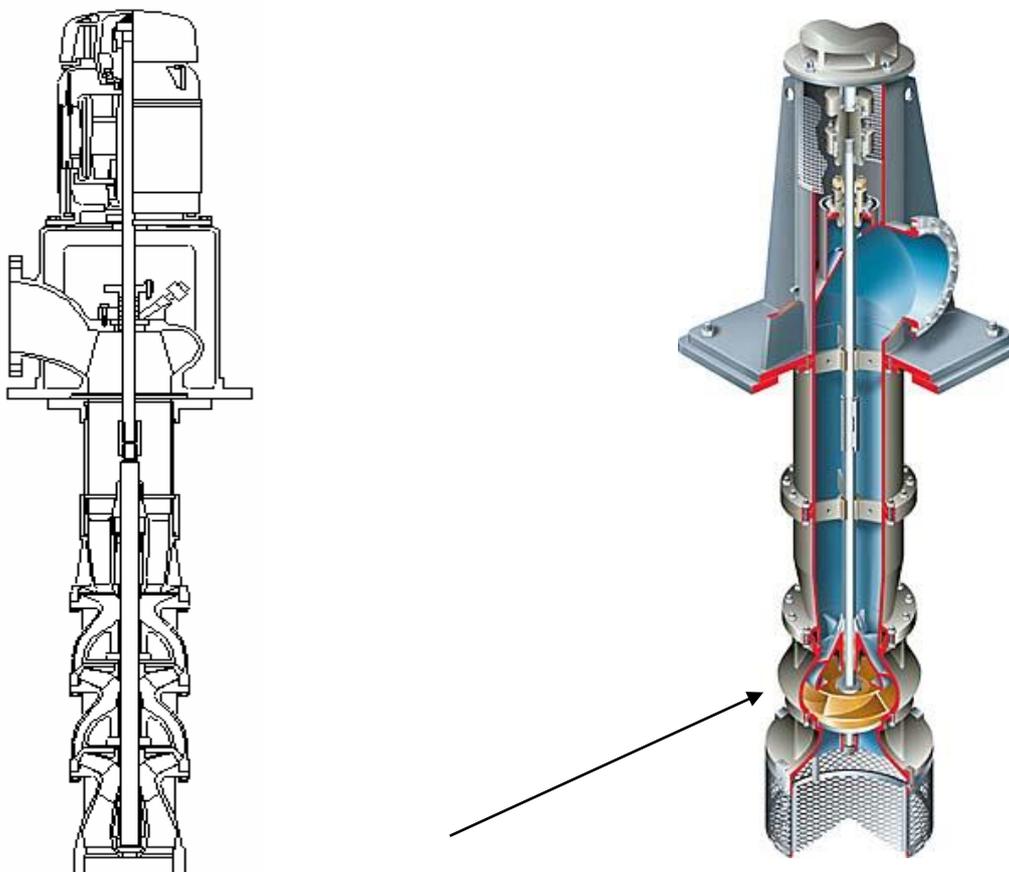
BOMBA DE LIXIVIACIÓN Nro. 3

Características de la Bomba		Características del Motor	
Bomba Tipo Turbina vertical VTP Flow serve		Motor Eléctrico Trifásico de Eje Hueco Ingersoll	
Caudal	290 m ³ /h	Velocidad	1780 RPM
NSPHr	3,8 m	Voltaje	440 V
ADT	120 m	Amperaje	227 A
Impulsores o Tazones	7	Frecuencia	60 Hz
Descarga	8 pulgadas	Potencia	200 HP
Eficiencia	80 %		
Potencia	161 HP		

Las Bombas Nro. 2 y 3 son del tipo turbina Vertical, son bombas que tienen buena eficiencia y se adaptan a las condiciones de trabajo en la planta, no muestran muchas fallas en la operación. Estas bombas se encuentran instaladas en una barcaza flotante dentro de la poza de lixiviación, la Bomba de Nro. 1 horizontal se encuentra instalada a la orilla de la poza de lixiviación esta bomba durante la operación nos ha presentado fallas, por lo que se ha decidido adquirir una bomba tipo de Turbina Vertical similar a la bomba Nro. 2 y 3 pero de mayor potencia como se observa en el grafico Nro. 19.

La nueva bomba se va instalar en la nueva poza de lixiviación Nro. 4 que se esta en construcción.

Grafico Nro. 19
BOMBA DE TURBINA VERTICAL FLOW SERVE



Tazones con sus Impulsores

Esta bomba esta formado por tazones en donde se encuentran los impulsores.

Para el diseño de la bomba tipo Turbina Vertical se ha considerado un caudal de la bomba de $350\text{m}^3/\text{h}$, además se cuenta con los siguientes datos:

$$Q = \text{Caudal} = 350\text{m}^3/\text{h} = 0.0972\text{m}^3/\text{s}$$

$H_{\text{geo}} = 80\text{m}$ (diferencia de cotas entre la poza y la parte mas alta del Pad)

$L = 400\text{m}$, Longitud de la tubería de impulsión de HDPE

Diámetro nominal de la tubería = 12" (exterior)

$P_{\text{final}} = 50 \text{ psi} = 35\text{m}$ (presión final para el riego por aspersión)

La tubería que se va a utilizar es de polietileno de alta densidad HDPE de grado PE 80. SDR9, PN 16 según al norma ISO 4427.

El SDR (Relación Dimensional Estándar) es un numero adimensional que identifica una clase de presión de la tubería de polietileno. A un valor menor de SDR la tubería soportara mayor presión.

$$\text{SDR} = D/e$$

Donde:

$D =$ diámetro externo de la tubería (mm)

$e =$ espesor de pared mínimo (mm)

El diámetro nominal de la tubería es el diámetro exterior es 12" = 315mm

Remplazando el espesor (e) = 35mm.

Por lo que el diámetro interior de la tubería es = 245mm = 0.245m = 10"

8.8.1 CÁLCULO DE LA ADT Y POTENCIA DE LA BOMBA

Para la selección del equipo debemos calcular la altura dinámica total ADT.

$$\text{ADT} = H_{\text{geo}} + \sum H_f + P_{\text{salida}}$$

$$\sum H_f = H_f + H_s$$

Calculo de H_f

$H_f =$ perdidas por fricción (halla por Darcy o Hazen Willians)

$H_s =$ perdidas por los accesorios (válvula, codo, Tee, etc.)

Para hallar la pérdida por fricción lo haremos de dos formas

a) Cálculo de la pérdida por fricción en la tubería Hf por Darcy

$$H_f = \frac{f \times L \times V^2}{D \times 2 \times g}$$

D = diámetro interior tubería (m)

f = coeficiente de fricción

V = velocidad del fluido (m/s)

L = longitud de la tubería (m)

g = 9.80m/s²

Para calcular el valor de f hallamos:

Numero de Reynold

$$Re = V \times D / \vartheta$$

Re = numero de Reynold

D = diámetro interior tubería (m)

V = velocidad del fluido (m/s)

ϑ = Viscosidad del agua 1.01 x 10⁻⁶ m²/s

La rugosidad relativa

$$E = e/D$$

E = rugosidad relativa

e = rugosidad absoluta de la tubería 0.025mm = 0.000025m

D = diámetro interior de la tubería

Hallando la velocidad = $4Q/\pi \times D^2 = 1.92\text{m/s}$

$$Re = 4.8 \times 10^5$$

$$E = 10160$$

Con estos dos valores en el diagrama de Moddy se halla el valor de f pero también se puede utilizar la siguiente fórmula de Colebrook para hallar f

$$f = \left[\frac{1}{-2 \times \text{Log} \left(\frac{e}{3.71 \times D} + \frac{5.62}{\text{Re}^{0.9}} \right)} \right]^2$$

f = coeficiente de fricción

e = 0.000025m

D = 0.245m

Reemplazando f = 0.0145

Reemplazando en la ecuación de Darcy

Hf = 4.29m (perdida por fricción en la tubería)

b) Cálculo de la pérdida por fricción (Hf) por Hazen Wilians

$$H_f = 10.643 \times Q^{1.85} \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times L$$

El valor de C = 150 para tubería de HDPE

Hf = 4.256m

Tomamos el valor mayor Hf = 4.29m

c) Cálculo de Hs (perdidas secundarias)

$$H_s = \sum (K \times V^2 / 2g)$$

Accesorio	K	Cantidad
Válvula Check	2.5	2
Válvula Mariposa	2.3	2
Reducciones	0.8	4
Curvas	0.7	4

Remplazando los valores de la tabla

$H_s = 2.93\text{m}$

$ADT = 80 + 4.29 + 2.93 + 35 = 122.22\text{m}$

Asumiendo un factor de seguridad: 1.06

$ADT = 130\text{m}$

Con los siguientes valores:

$Q = 350\text{m}^3/\text{h}$

$ADT = 130\text{m}$

Líquido a bombear solución cianurada

Temperatura = 15°C

Altura sobre el nivel del mar = 4250m

Procedemos hallar la potencia del motor.

Para lo cual utilizamos las curvas de la bomba proporcionada por el proveedor

En la curva para el Q y la ADT hallamos la potencia Hidráulica nominal de 205HP y

Potencia Hidráulica máxima de 220HP.

Para el cálculo de la potencia de los motores eléctricos se les suma un incremento de 1% de la potencia hidráulica nominal por cada 100m de altura.

Por lo que la Potencia Motor Eléctrico = $205 \times 143 / 100 = 293\text{HP}$

Seleccionamos un motor eléctrico de 300HP.

El equipo de bombeo seleccionado será:

Equipo de bombeo compuesto de Bomba Turbina Vertical Worthington Flow Serve

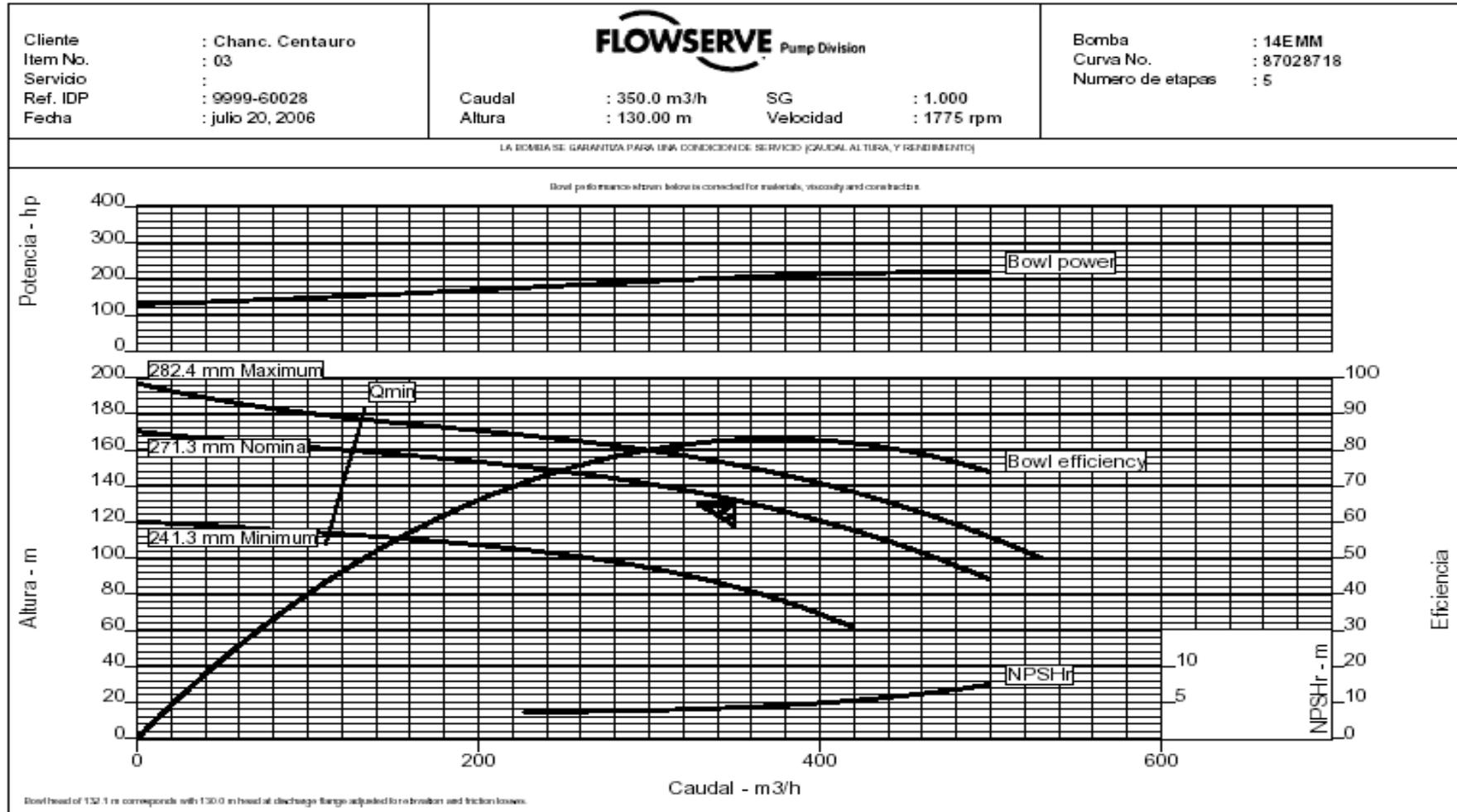
En la tabla Nro. 17 se muestra los datos técnicos de la Bomba y en el grafico Nro. 20 se muestra la curva de la bomba.

Tabla Nro. 17

BOMBA DE LIXIVIACIÓN Nro. 4

Características de la Bomba		Características del Motor	
Bomba Tipo Turbina vertical VTP Flow Serv. 8W16		Motor Eléctrico Trifásico de Eje Hueco US Motors	
Caudal	350 m ³ /h	Modelo /Procedencia	WP - 1 / USA
ADT	130 m	Velocidad	1780 RPM
Eficiencia	82,3 %	Voltaje	440 V
NSPHr	4,3 m	Amperaje	333 A
Impulsores o Tazones	6	Fases	3
Diámetro Impulsor	271,3 mm	Frecuencia	60 Hz
Potencia absorbida	205 HP	Factor de Potencia	0,892
Potencia Máxima absorbida	220 HP	Eficiencia	94,5 %
Descarga	8 pulgadas	Potencia	300 HP

Grafico Nro. 20 Curva de la Bomba de 300 HP.



WinPROS+ V3.2.2

Considerando que la línea de impulsión es de material HDPE, PN 16 diámetro exterior 315mm, según norma ISO 4427, diámetro interior 254mm, SDR 9

Esta tubería SDR 9 soporta un presión máxima de 232 PSI.

La ADT = 130m = 184 psi (presión de descarga de la bomba)

Corroborando la resistencia de la tubería

$$P_{\text{salidaBomba}} < P_{\text{admisible de la tubería}}$$

$$184 \text{ psi} < 232 \text{ psi}$$

8.8.2 CÁLCULO DEL GOLPE ARIETE Y NSPH_{disponible}

a) Golpe de Ariete

El golpe de ariete es un término usado para describir un aumento momentáneo de presión de corta duración al interior de las tuberías.

Tales aumentos de carga ocurren cuando el equilibrio es perturbado por rápidas variaciones en las condiciones del flujo, como la apertura y cierre de válvulas, paradas y partidas en la bomba.

El golpe es tanto mayor en magnitud cuanto mayor es la velocidad media del fluido y mayor la distancia entre el golpe y la fuente del mismo.

En general las tuberías de polietileno absorben (disminuyen) mejor el efecto del golpe en virtud de su flexibilidad que las tuberías de fierro, el sobre presión se calcula mediante la siguiente relación:

$$P_{\text{ariete}} = a \times V/g \quad a = \frac{1420}{\left[1 + K \times (RDE - 2)\right]^{1/2}}$$

Donde:

P_{ariete} = Sobre presión máxima (m)

a = Velocidad de la onda (m/s)

V = Cambio de Velocidad del agua (1.92 m/s)

g = Aceleración de la gravedad (9.80 m/s²)

K = Modulo de compresión del agua (2.06 x 10⁴ Kg. /m²)

E = Modulo de elasticidad de la tubería (1.4 x 10⁴ Kg. /m²)

RDE = Relación Diámetro exterior / Espesor mínimo = 315/35 = 7

Reemplazando

$$a = 422\text{m/s}$$

$$P_{\text{ariete}} = 422 \times 1.92 / 9.8 = 82.68\text{m}$$

$$\text{Presión máxima} = H_{\text{geo}} + P_{\text{ariete}} = 80 + 82.68 = 162.68\text{m} = 231 \text{ psi}$$

Corroborando la resistencia de la tubería

$$\begin{array}{rcl} P_{\text{maxima}} & < & P_{\text{admisible de la tubería}} \\ 231 \text{ psi} & < & 232 \text{ psi} \end{array}$$

Actualmente para prevenir los golpes de ariete se colocan las válvulas anticipadoras de onda.

b) Cálculo del NPSH_{disponible}

Para prevenir que no se produzca cavitación en la bomba y los problemas que pueda traer esta cavitación se debe cumplir

$$\mathbf{NPSH_d > NPSH_r}$$

De la grafica de la bomba el $NPSH_r = 4.3\text{m}$

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{GE} + H_{\text{suc}} - H_f$$

Donde:

$P_a = 5.98\text{m}$ para 4250 msnm, presión atmosférica

$P_v = 0.174\text{m}$ para $T = 15^\circ \text{C}$

$GE = 0.9990 \text{ gr /dm}^3$

$H_{\text{suc}} = 0.70\text{m}$ (distancia desde el eje de la bomba hasta el nivel del fluido succión negativa)

$H_f = 0\text{m}$ no hay pérdidas por fricción en al succión

Remplazando

$$\text{NPSH}_d = \frac{5.980 - 0.174}{0.9990} - 0.70 - 0 = 5.11\text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{NPSH}_d &> \text{NPSH}_r \\ 5.11 &> 4.30 \end{aligned}$$

Por lo que la bomba no cavitará

8.8.3 COSTOS DE INSTALACIÓN TOTAL DE LA BOMBA DE 300 HP

En la tabla Nro. 18 se observa los gastos de adquisición, instalación y otros de la Bomba de 300HP de lixiviación.

Tabla Nro. 18

Equipo	Cantidad	Precio US\$
Bomba Turbina Vertical de 300HP	1	40700
Tablero Eléctrico	1	1200
Tubería de HDPE de 12" SDR 9 (m)	400	22000
Pegado de Tuberías HDPE		1500
Flujo metro Electromagnético de 8"	1	3000
Tubo de SCH 40 de 8"	1	293,91
Válvula mariposa de 8"	2	245
Otros accesorios		1000
Puente de madera		7500
Balsa		3000
Total		80439

La bomba de lixiviación de 300HP se va instalar en la nueva Poza Nro. 4 que será la nueva poza barren, esta bomba se instalara en una barcaza flotante ubicada en el centro de la poza, la tubería de impulsión estará sobre un puente de madera que une la orilla de la poza con la barcaza flotante y se dirige hacia el Pad.

CAPITULO IX

PLANTA DE ADSORCIÓN CIC

Desde el inicio de las operaciones en la Mina Quicay se contaba con un solo circuito de adsorción de una capacidad de $160\text{m}^3/\text{hr}$ conformada por 5 columnas de una capacidad de 2TM de carbón activado de malla 6 x 12, La solución pregnant proveniente de la poza Nro. 1 Se bombea por una bomba de turbina vertical de 50HP por intermedio de una línea de HDPE SDR 9 de 8" de diámetro exterior hasta la entrada del circuito, luego continua por las tuberías de fierro de SCH 40 de 6" diámetro (tuberías de solución rica, intermedia y de recirculación) hacia las columnas, la solución pobre proveniente de la ultima columna pasa por le DSM de malla 20 descargando en el sumidero para ser conducido a través de una línea de HDPE de 10" diámetro hacia la poza Barren.

A medida que crecía el Pad de lixiviación, se incrementaba el volumen de solución que percolaba del Pad por lo que se debió ampliar la planta de adsorción con el segundo circuito de adsorción de igual características del primer circuito pero se realizo la modificación del diámetro de las tuberías de fierro SCH 40 de 6" a 8" con el propósito de procesar mayor solución pregnant, con este nuevo segundo circuito de adsorción se puede procesar como máximo $200\text{m}^3/\text{hr}$, entro en operación este nuevo circuito de cinco columnas en agosto del 2005.

Con la baja de la ley de cabeza del mineral y poder completar la producción se incremento el área de riego por lo que se tenía que procesar mas solución en la planta de adsorción debido a esto se empezó la construcción del tercer circuito de adsorción de cinco columnas de 2TM de carbón por columna (de las mismas características del segundo circuito de adsorción, pero se incremento los huecos de los tapones de burbujeo) con lo que se podría procesar como máximo $220\text{m}^3/\text{h}$ de solución pregnant, este circuito entro en operación en septiembre del 2006.

Teniendo actualmente tres circuitos de adsorción la planta ADR con una capacidad máxima de $580\text{m}^3/\text{h}$.

9.1 CARACTERISTICAS DE LOS CIRCUITOS DE ADSORCIÓN

Las secciones laterales de las 05 columnas, están fabricadas de planchas de acero estructural A – 36 de 1/4" de espesor, las bases y los techos y los manholes con planchas de acero estructural A – 36 de 1/2" de espesor, cada columna en la parte interior tiene un plato de distribución de solución fabricada con plancha de acero inoxidable calidad 304 de 1/4" de espesor con 64 tapones de burbujeo cada tapón de burbujeo tiene 06 agujeros de 5/16" fabricado en acero inoxidable cada uno de diámetro 3 1/2" x 2" x 3/32" de pared adosados a tubos de acero inoxidable de calidad 304 de 2" de diámetro x 3/32" de pared x 25cm, los cuales están unidos al plato principal por proceso de soldadura , estos tapones de burbujeo son los accesorios que permiten que el carbón activado este en suspensión dentro de la columna, el sostenedor del plato de distribución esta fabricado de ángulo de acero estructural A – 36 de 2" x 2" x 1/2" cada columna cuenta con una ventana de vidrio templado de 12mm de espesor y marco de PVC de 1/2" para controlar el nivel del carbón.

Cada columna cuenta con una válvula de bola de 3" de diámetro para la carga del carbón y válvulas de 2" de diámetro para la descarga del carbón y el drenaje de la solución en la esquina de la parte superior cuenta con una válvula de desfogue de aire de 1" de diámetro y en el centro de la tapa de la parte superior cuenta con una válvula de alivio de presión que se activa cuando la presión supera los 30psi también cada columna cuenta con respectivo manómetro.

El circuito tiene una Malla estacionaria DSM con malla 20 de acero inoxidable de 1.80m x 1.80m x 1.20m fabricado con ángulos de 2" x 2" x 1/4" y planchas de acero estructural A – 36 de 1/4" de espesor, para retener y clasificar las partículas de carbón.

El circuito cuenta con tres líneas de tubería de SCH 40 de 8" de diámetro de solución rica, intermedia y barren, cuenta con, válvulas mariposa de 8" de diámetro para hacer los cambios de entrada de solución pregnant a las columnas.

En la entrada del circuito se cuenta con un flujo metro digital de 8" de diámetro el cual permite cuantificar el volumen de solución que se procesa en el circuito, también cuenta con válvulas de 1/2" para muestreo que permite la cuantificación de valores recuperables mediante el balance metalúrgico y así mismo la eficiencia del circuito de adsorción durante la operación.

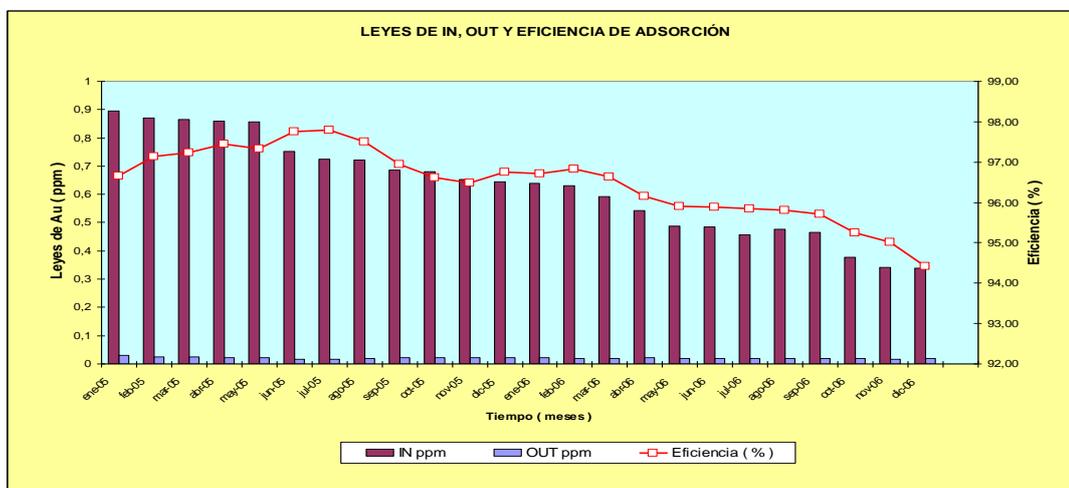
9.2 OPERACIÓN DE LA PLANTA DE ADSORCIÓN

La solución pregnant ingresa en el circuito Nro. 1 por la columna Nro. 1, luego atraviesa las 04 columnas y sale por la columna Nro. 5, a medida que la solución atraviesa las columnas con carbón disminuye los contenidos metálicos de la solución pregnant. Cuando disminuye la eficiencia de la columna y se incrementa el barren del circuito Nro. 1. se procede a la descarga de la columna. El tiempo de carga de la columna esta en promedio de 18 días y va depender de la ley de la solución rica y la actividad del carbón con lo que se ha cargado a la columna, la carga de oro en el carbón esta en promedio de 2.2Kg./TM de carbón activado y de plata 1.20Kg./TM de carbón activado.

Después que se descargo la columna Nro. 1 la solución pregnant ingresa por la columna Nro.2 Atraviesa las columnas Nro. 3, 4, 5 y sale por la columna Nro. 1, cargada con carbón pobre, la solución ya empobrecida descarga hacia la poza barren. Para la descarga del carbón rico de la columna hacia el reactor de desorción se utiliza un eductor de 3" x 2" x 2", mangueras, accesorios Dicson de acople rápido y una bomba horizontal Sterling Nowa de 30HP.

La ley de la solución pregnant esta en promedio de 0.340ppm de oro y 0.130ppm de plata, la ley de la solución barren esta en promedio de 0.020ppm de oro con 0.040 ppm de plata, se procesa 520m³/hr de solución con una eficiencia de 95% de oro como se observa en grafico Nro. 21. El tiempo de residencia por columna es de 2 min, en el siguiente grafico se muestra la variación de las leyes de oro de la solución pregnant y solución barren de la planta de adsorción.

Grafico Nro. 21



9.3 BALANCE METALURGICO EN LA PLANTA DE ADSORCIÓN

El circuito de adsorción funciona todos los días las 24 horas. El día de producción termina a las 12 p.m. donde se anota el volumen acumulado del flujo metro digital que se encuentra en la entrada de cada circuito, cada dos horas laboratorio químico muestrea la ley de oro en la entrada y salida de cada columna, y todos los días a las 7 a.m. entrega el composito de las leyes a Planta para el Balance Metalúrgico respectivo, hallando la cantidad de Oro que se ha recuperado en las columnas en el día.

Con la lectura de la solución del flujo metro y las leyes reportadas por laboratorio químico se procede a realizar el balance metalúrgico para cada columna.

En las siguientes tablas Nro. 19 y 20 se muestran el balance metalúrgico de la columna Nro. 14 donde la columna se ha cargado en 18 días con 4568.01 gr. de oro y la eficiencia de columna disminuyó hasta 20.18%

La notación CCD 14 – 5 significa que la columna Nro. 14 se ha descargado 5 veces.

Tabla Nro. 19

COLUMNA N° 14					
Volumen m ³	IN gr/m ³	OUT gr/m ³	PARCIAL gr	Acum. gr	Eficiencia %
4246,0	0,033	0,014	80,67	80,67	57,58
4172,3	0,031	0,016	62,58	143,26	48,39
4170,1	0,036	0,019	70,89	214,15	47,22
4152,5	0,038	0,021	70,59	284,74	44,74
4198,7	0,051	0,027	99,54	384,29	46,83
4268,0	0,063	0,040	98,16	482,45	36,51
4328,5	0,068	0,044	103,88	586,33	35,29
4302,1	0,079	0,041	163,61	749,95	47,99
4319,7	0,114	0,059	237,58	987,53	48,25
4343,9	0,123	0,067	243,26	1230,79	45,53
4271,3	0,153	0,085	289,74	1520,53	44,34
4162,4	0,195	0,115	332,99	1853,52	41,03
4145,9	0,243	0,153	375,89	2229,41	37,24
4331,8	0,325	0,213	485,16	2714,58	34,46
4335,1	0,331	0,228	446,52	3161,09	31,12
4317,5	0,345	0,248	418,80	3579,89	28,12
4316,4	0,347	0,251	414,37	3994,26	27,67
4321,9	0,334	0,264	302,53	4296,80	20,96
4048,0	0,332	0,265	271,22	4568,01	20,18
DESCARGA COL 14 CCD14-5 CON 4,568,01 gr de Au					

El balance metalúrgico se realiza para las 15 columnas luego se halla la cantidad total de oro producido durante el día

Tabla Nro. 20

CIRCUITO DE ADSORCIÓN

	Circuito Nro, 1	Circuito Nro, 2	Circuito Nro, 3	Total Au (gr.)
VOLUMEN	4291 m3	4515 m3	4519 m3	
TIEMPO DE ADSORCIÓN	24 hr	24 hr	24 hr	
Au EN ADSORCIÓN	1385,99 gr.	1453,83 gr.	1414,45 gr.	

	Circuito N° 1	Eficiencia (%)	Circuito N° 2	Eficiencia (%)	Circuito N° 3	Eficiencia (%)
SOLUCIÓN RICA (ppm)	0,341	94,72%	0,341	94,43%	0,341	91,79%
SOLUCIÓN POBRE (ppm)	0,018		0,019		0,028	

	Circuito N° 1	Kilogramos	Circuito N° 2	Kilogramos	Circuito N° 3	Kilogramos
Au Acumulado (Kg.)	C-1	2,49	C-6	3,44	C-11	2,12
	C-2	1,96	C-7	1,80	C-12	1,38
	C-3	0,97	C-8	0,90	C-13	0,91
	C-4	0,47	C-9	0,50	C-14	0,12
	C-5	0,03	C-10	0,16	C-15	3,97

	Columna N°	Peso Au (g)
Columnas Descargadas	4	3934,36
	9	4149,88
	14	4568,01

CAPITULO X

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN

El uso del carbón activado junto con la lixiviación en pila, hoy en día, es un proceso simple y económico, el capital de inversión para este procedimiento se estima en un 20 a 25% del costo de una planta de cianuración convencional por agitación y decantación-contracorriente y los costos de operación son alrededor de 40% de los costos de una planta tradicional.

Los carbones duros, producidos de conchas de coco son preferidos para su uso como adsorbentes del oro y la plata en la cianuración, en razón de que hay menos tendencia a la ruptura o abrasión.

La cantidad de oro y la plata que pueden ser cargados (adsorbidos) sobre el carbón, variara grandemente de acuerdo a los factores que tienen predominio en esta operación. Entre los factores que tienen su influencia en el cargado (adsorción) son:

- Concentración del oro y la plata en la solución rica
- Proporción del oro con respecto a la plata
- pH de la solución
- Concentración de impurezas
- Velocidad con que pasa la solución rica a través del carbón activado
- Tipo y tamaño de partículas del carbón granulado empleado

El carbón activado también adsorbe el Hg, Cu, etc. Cuando la concentración de oro en la solución rica es alta, la adsorción de oro también es alta.

Existen tres métodos para la recuperación del oro con carbón activado CIP, CIL y CIC

10.1 CARBÓN EN COLUMNA (CIC)

En este método existen dos formas de tratar las soluciones provenientes de la lixiviación:

- **Sistema de lechos fijos o empacados.**

La solución rica proveniente de la lixiviación es percolada hacia abajo a través de una capa fija de carbón activado, en este sistema la cantidad de carbón activado que se necesita es menor en comparación con el sistema de lecho fluidizado para la misma concentración de solución.

- **Sistema de lechos fluidizados**

La solución rica proveniente de la lixiviación se bombea hacia arriba a través de una cama de carbón activado a una velocidad suficiente para mantener el lecho del carbón en estado fluido o suspendido en la corriente de la solución rica, sin ser llevados fuera del sistema. El sistema de lecho fluidizado tiene las ventajas de un mejor transporte de masa y evita la canalización de la solución, mientras que el sistema de lecho empacado es efectivo en el tratamiento de soluciones muy limpias.

10.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE LECHO FLUIDIZADO DE CARBÓN ACTIVADO

Para el diseño del lecho o capa fluidizadas de carbón activado para la adsorción del oro, se debe considerar las siguientes variables:

- Velocidad de entrada de la solución a la columna de carbón.
- Producción promedio de metales preciosos por día.
- Cantidad máxima de oro que puede ser adsorbido sobre el carbón.
- El tamaño de las partículas de carbón empleado para el proceso.

En operaciones a nivel industrial, se considera favorable un cargado de 400onzas de metales preciosos por tonelada de carbón activado. Sin embargo cuando la solución que entra al proceso contiene menos de 0.05onzas de oro por tonelada la adsorción del oro sobre el carbón activado comúnmente no excederá de 200onzas por tonelada.

10.2.1 TAMAÑO DE PARTICULAS DEL CARBÓN ACTIVADO Y VELOCIDAD ESPECÍFICA

En la recuperación de las soluciones ricas de oro se usan principalmente los tres tipos de granulometría de carbón activado, cada carbón tiene su respectiva velocidad específica como se muestra en la siguiente tabla Nro. 21.

Tabla N ro. 21

Malla del Carbón Activado	Velocidad Especifica (m ³ /hxm ²)
6 x 12	72
6 x 16	61
12 x 30	37

El carbón mas común usado es el de malla de 6 x 12 donde su velocidad especifica es de 72m³/hxm² de área transversal de la columna de carbón, bajo estas condiciones, la capa de carbón se expande alrededor de 50%.

La altura de la capa de carbón en reposo no seria más de tres veces el diámetro de la columna, La altura de la columna seria de 2.5 a 3 veces la altura del carbón en reposo, para permitir una adecuada expansión de la capa, dejando suficiente borde libre para el oleaje de la solución.

La experiencia industrial ha demostrado que la carga de carbón seria distribuida igualmente a través de 5 o 6 columnas o tanques en serie para un sistema eficiente de adsorción en oro, manteniendo un adecuado tiempo de residencia.

Conociendo la velocidad especifica del carbón de malla 6 x 12, los flujos de solución que ingresa a las columnas y la experiencia industrial se halla el diámetro de la columna y la altura, para mantener el lecho fluidizados. Ha cierta altura de la base de la columna se coloca un plato de distribución circular de acero inoxidable (para soportar el peso y la presión) donde van instalados los tapones de burbujeo, en la siguiente tabla Nro. 22 se muestra los flujos de solución de ingreso a los circuitos de adsorción y los tapones de burbujeo para diferentes capacidades de carbón en las columnas, pueden ser circuitos de 5 o 6 columnas.

Tabla Nro. 22

CARBÓN ACTIVADO MALLA 6 x 12				
VELOCIDAD ESPECIFICA CARBÓN MALLA 6 x 12				72 m ³ /hxm ²
Flujo m ³ /h	Diámetro Col, m	Altura Col, m	Peso Carbón Kg.	Tapones de Burbujeo
40	0,8	3,00	500	14
85	1,2	3,00	1000	30
210	1,9	3,00	2000	76
430	2,8	3,75	4000	142

Para poder incrementar el flujo se puede incrementar los huecos de los tapones, también los números de los tapones, dependiendo de las condiciones de las columnas.

En el diseño del tercer circuito de adsorción se incremento el número de huecos de los tapones de burbujeo de 5 a 6 para poder incrementar el flujo.

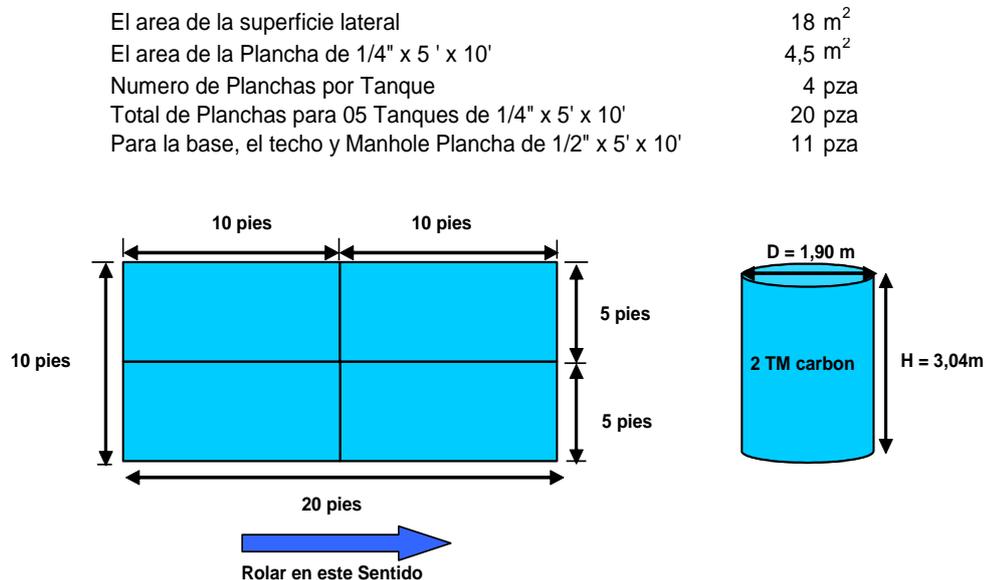
10.2.2 COSTRUCCIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN

El tercer circuito de adsorción esta formado por 05 columnas o tanques de 2TM de carbón activado de malla 6 x 12.

Conociendo la altura y el diámetro de la columna se empieza a diseñar los materiales que se van a utilizar en la construcción del tercer circuito.

- Para las superficies laterales de las columnas se va a utilizar planchas de acero estructural A – 36 de 1/4" x 5' x 10' y para el piso, techo y manhole planchas de acero estructural de 1/2" x 5' x 10' como se observa en el grafico Nro. 22

Grafico Nro. 22



- Cada columna tiene un plato de distribución de acero inoxidable donde se encuentran los 64 tapones de burbujeo, como se observa en el Grafico Nro.23.

Plato de Distribucion de 1,90 m de diametro con 64 tapones de Burbujeo de Acero Inoxidable

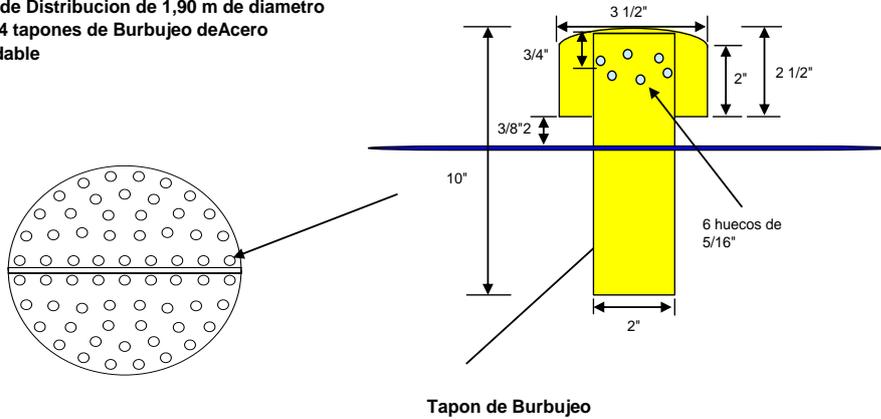


Foto Nro. 35, 36 y 37 se muestran los tapones de burbujeo



Foto Nro. 35



Foto Nro. 36



Foto Nro. 37

Foto Nro. 38 y 39 muestran la construcción de las Columnas de Adsorción

Foto Nro. 38



Foto Nro. 39



Foto Nro. 40 Tercer Circuito de Adsorción Terminado de Cinco Columnas y DSM con malla 20



10.2.3 COSTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TERCER CIRCUITO DE ADSORCIÓN

En la tabla Nro. 23 muestra los costos de fabricación del tercer circuito de adsorción.

Tabla Nro. 23

COSTO DE FABRICACIÓN DEL 3er. CIRCUITO DE ADSORCION CON DSM MALLA 20

Ítem	MATERIALES	UNIDAD	Cantidad	Precio US\$	Total US\$
1	PLANCHA DE FIERRO ACERO ESTRUCTURAL DE 1/4" x 1,5m x 3,0m	pza	25	224,31	5607,8
2	PLANCHA DE FIERRO ACERO ESTRUCTURAL DE 1/2" x 1,2m x 2,4m	pza	2	287,12	574,2
3	TUBO DE FIERRO SCH 40 DE 8" x 6m, de 3/8"	pza	15	293,91	4408,7
4	CODO DE FIERRO SCH 40 DE 8" DIÁMETRO x 90°	pza	25	23,94	598,5
5	TEE DE FIERRO SCH DE 8" DIÁMETRO x 90°	pza	30	39,06	1171,8
6	BRIDA DE FIERRO SOLDABLE SCH 40 DIÁMETRO 8"	pza	82	17,48	1433,4
7	VÁLVULA MARIPOSA DE 8" DIÁMETRO CUERPO FIERRO FUNDIDO	pza	22	152,93	3364,5
8	TUBO DE FIERRO SCH 40 DE 3" x 6m	pza	3	144,46	433,4
9	CODO DE FIERRO SCH 40 DE 3" DIÁMETRO x 90°	pza	10	2,42	24,2
10	BRIDA DE FIERRO SOLDABLE SCH 40 DIÁMETRO 3"	pza	20	4,85	97,0
11	VÁLVULA DE BOLA DE DIÁMETRO 3" INOXIDABLE	pza	5	60,27	301,4
12	CONECTOR DIXON DE DIÁMETRO 3" MACHO CON ROSCA INTERIOR	pza	5	90,00	450,0
13	TUBO DE FIERRO SCH 40 DE 2" x 6m	pza	1	103,18	103,2
14	BRIDA DE FIERRO SOLDABLE SCH 40 DIÁMETRO 2"	pza	20	2,95	59,0
15	VÁLVULA DE BOLA DE DIÁMETRO 2" INOXIDABLE	pza	10	40,18	401,8
16	VIGA EN H 4" x 4" x 3/8" x 9m de 13lb x PIE	pza	6	250,00	1500,0
17	TUBO DE FIERRO SCH 40 DE 1" x 6m	pza	1	61,90	61,9
18	CODO DE FIERRO SCH 40 DE 1" DIÁMETRO x 90°	pza	15	0,63	9,5
19	VÁLVULA DE BOLA DE DIÁMETRO 1" INOXIDABLE	pza	5	15,80	79,0
20	JEBE DE LONA 1/4" x 1,2 x 4m	pza	2	320,00	640,0
21	BRIDA DE FIERRO SOLDABLE SCH 40 DIÁMETRO 1"	pza	10	1,15	11,5
22	ANGULO 1/4" x 2" x 2" x 6m	pza	2	37,00	74,0
23	PLATINA DE PVC DE 1/2" x 1 3/4" x 1,15 m	pza	14	26,00	364,0
24	VIDRIO TEMPLADO DE 1/2" x 104 cm. x 21 cm.	pza	5	31,25	156,3
25	MANÓMETRO CON BAÑO DE GLICERINA DE 0 a 60 PSI	pza	5	38,00	190,0
26	MANÓMETRO CON BAÑO DE GLICERINA DE 0 a 200 PSI	pza	1	70,00	70,0
27	VÁLVULA DE ALIVIO DE AIRE DE DIÁMETRO 2"	pza	6	250,00	1500,0
28	PERNO HEXAGONAL G-8 DE 5/8" x 2 1/2"	pza	140	0,35	49,0
29	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 5/8"	pza	140	0,11	15,4
30	PERNO HEXAGONAL G-8 DE 5/8" x 2"	pza	110	0,31	34,1
31	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 5/8"	pza	110	0,11	12,1
32	PERNO HEXAGONAL G-8 DE 3/4" x 4"	pza	200	0,87	174,0
33	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 3/4"	pza	200	0,17	34,0
34	PERNO HEXAGONAL G-8 DE 3/4" x 6"	pza	250	1,43	357,5
35	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 3/4"	pza	250	0,17	42,5
36	SOLDADURA CELLOCOR 1/8"	Kg.	40	2,37	94,8
37	SOLDADURA SUPERCITO 1/8" E - 7018	KG.	120	2,50	300,0
38	SILICONA TRANSPARENTE	pza	20	2,78	55,6
39	PLANCHA DE ACERO INOX DE 1/4" x 1,5 x 3,0	pza	2	1300,00	2600,0
40	PLANCHA DE ACERO INOX DE 1/4" x 1,2 x 2,4	pza	3	844,00	2532,0
41	TAPONES COMPLETO DE BURBUJEO DE ACERO INOX	pza	380	30,00	11400,0
42	SOLDADURA INOX HF - P - 25	KG.	60	3,60	216,0
43	PERNO HEXAGONAL INOX DE 5/8" x 1 1/2"	pza	300	1,83	549,0
44	TUERCA HEXAGONAL INOX DE 5/8"	pza	300	0,58	174,0
45	ANGULO DE FIERRO SCH 40 1/2" x 2" x 2" x 6m	pza	9	40,00	360,0
46	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 5/8"	pza	300	0,11	33,0
47	PLANCHA DE FIERRO ACERO ESTRUCTURAL DE 1/4" x 1,5 x 3,0	pza	4	224,31	897,3
48	ANGULO DE FIERRO 1/4" x 2" x 2" x 6m	pza	4	40,00	160,0
49	MALLA DE ACERO INOX DE 120cm x 2,00m malla 20 mesh	m ²	1,8	46,00	82,8
50	PLATINA DE FIERRO 1/2" x 2" x 6MT	pza	3	26,70	80,1
51	PLATINA DE FIERRO 1/2" x 3" x 6MT	pza	4	34,40	137,6
52	VALVULA CHEK TIPO WARFAN DE 8" DE DIAMETRO	pza	1	200,00	200,0
53	OTROS GASTOS				4000,0
54	DSM malla 20				4500,0
	COSTO DE SERVICIO				
	SERVICIO DE ROLADO PLANCHA	pza	11	38,9	427,9
	SERVICIO DE ROLADO DE ANGULO	pza	5	8	40,0
	SERVICIO DE ROLADO DE PLATINA	pza	4	7,5	30,0
				TOTAL US\$	53274

El costo de fabricación del tercer circuito de adsorción de 05 columnas fue de US\$53274.

Para poner en operación el tercer circuito se realizaron otros trabajos como la construcción de la loza donde se instalara el tercer circuito, la línea de alimentación de solución rica, la línea de descarga e instalación de la bomba como se muestra en la tabla Nro. 24.

Tabla Nro. 24

Costo total para poner en operación el tercer circuito

CONSTRUCCIÓN DE LA LOZA	2500
CONSTRUCCIÓN DE LAS 05 COLUMNAS Y DSM	53274
PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A LAS 05 COLUMNAS	1500
TUBERIAS DE HDPE DE 10" y 12" DE DIAMETROS PARA SOLUCIÓN PREGNANT Y BARREN	6289
FLUJO METRO DE 8" DE DIÁMETRO	1845
CARBÓN ACTIVADO MALLA 6 x 12	25000
BOMBA SUMERGIBLE + 1000 DOLARES DE TABLERO ELECTRICO	22372
TOTAL US\$	112780

El costo total para poner en operación del tercer circuito de adsorción incluyendo los equipos e insumos como se observa en el cuadro anterior seria de US\$112780.

Este circuito se puso en operación en septiembre del 2006, la producción aumento en 500gr. de oro por día lo que en 15 días se recupero la inversión.

CAPITULO XI

INSTALACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE DESORCIÓN

11.1 DESORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Para la desorción de las especies valiosas del carbón activado se utilizan actualmente los siguientes procesos.

- **Desorción Atmosférica con Alcohol**

El proceso de desorción con alcohol fue desarrollado como método para mejorar la performance de la desorción atmosférica Zadra, el uso del alcohol etílico incrementa la velocidad de desorción reduciendo el tiempo de desorción, pero se requiere una ventilación adicional para eliminar un crecimiento del vapor del alcohol volátil para evitar un posible incendio.

Los circuitos de desorción a alcohol operan en circuito cerrado con electro deposición, la solución de desorción típicamente consiste de 10 a 20% de alcohol (etanol o metanol), 1% de NaOH y 0.1% de NaCN y es mantenido a 70 a 80°C durante la desorción el reactor y las tuberías deben estar aisladas para evitar la pérdida de calor.

El uso de alcohol requiere equipo de depuración de gas para la recuperación de los orgánicos vaporizados. El costo del alcohol llega al 50% del costo total de desorción. El costo de una planta de desorción a alcohol esta en promedio de 400 a 450 US\$/TM de carbón con tiempos de desorción de 12 a 18 horas dependiendo de las condiciones de altitud donde se encuentra la planta.

- **Desorción a Presión.**

El circuito de desorción a presión es operado a temperaturas de 130 a 150°C, el cual para llegar a estas temperaturas requiere una presión de 50 a 60psi. El tiempo de desorción es de 12 a 13 horas, con un costo de promedio de 300 US\$/TM de carbón, siendo el mayor costo el petróleo que representa el 80% del costo total.

Breve descripción de los equipos de un circuito de desorción a presión

Para procesar de 6 a 7TM de carbón se cuenta con los siguientes equipos:

1. **Reactor de desorción.** De acero inoxidable de 1.80m de diámetro y 10.0m de altura, de forma cónica en la parte superior y inferior; cuenta en la parte

inferior 06 filtros especiales de 212 micrones de abertura y 2" de diámetro por donde ingresa la solución pasando por todo el lecho fluidizado y saliendo por la parte superior la solución rica con los contenidos metálicos, el reactor cuenta con diversos accesorios como manómetros, termocuplas, válvulas de bola de 3" de diámetro, para la carga y descarga del carbón.

2. **Tanque de Solución Strip.** De 21m³ de capacidad, construido con planchas de fierro estructural A – 36 de 5/16" de espesor, de dimensiones 2.60m de diámetro y 4.0m de altura, en este tanque se prepara la solución de elusión, cuenta con dos bombas de 19KW para recircular la solución.
3. **Tanque de preparación de Soda Cáustica.** De 9m³ de capacidad construido de planchas de fierro estructural A – 36 de 5/16" de espesor, de dimensiones 2.40m de diámetro y 2.0m de altura, en este tanque agitador se prepara la solución de soda cáustica a una concentración de 20% y 40%.
4. **Calentador de Solución (Boyle de Aceite Térmico).** El boyle de 1.20m de diámetro y 3.60m de largo es calentado por un quemador a petróleo, este boyle calienta el aceite térmico y cuenta con una bomba horizontal de 15KW para recircular el aceite térmico, entre el boyle y el primer intercambiador de calor de placas.
5. **Intercambiadores de Calor.** Se tiene 03 intercambiadores de calor de placas, el primer intercambiador de calor calienta la solución que ingresa al reactor por intermedio del aceite térmico caliente proveniente del boyle las dimensiones son de 1.60m altura, ancho 0.35m, largo y 1 ½" de espesor, el segundo intercambiador enfría la solución proveniente de la parte superior del reactor por intermedio de la solución proveniente del tanque strip sus dimensiones son: altura 0.70m, largo 0.25m, ancho 0.20m y espesor 2", el tercer intercambiador enfría la solución proveniente del segundo intercambiador por intermedio de solución barren, sus dimensiones son altura 0.84m, largo 0.32, ancho 0.15 y espesor 2" una vez que la solución este enfriada a 74°C se dirige hacia las celdas electrolíticas.
6. **Filtros de Carbón.** Se cuenta con dos filtros tipo cónico con malla 30 que encuentra en la descarga de la solución del reactor.
7. **Celdas Electrolíticas.** Se tiene 04 celdas electrolíticas formando dos trenes de dos celdas que están en serie, los dos trenes están en paralelo, el flujo de solución caliente (70 a 75°C) circula a 13m³ /h por cada tren el tiempo de

residencia por celda de 8 a 10min, cada celda tiene 12 cátodos y 13 ánodos trabaja de 3 a 4voltios y 1,000 a 1,100amp. Las dimensiones por celda es largo 2.47m, ancho 0.79m y altura 0.88m, cada celda cuenta con su respectivo rectificador de corriente enfriado con aire de 0 a 2000 amp y 0 a 9 volt.

- 8. Filtro de Prensa a Placas.** Se usa para filtrar el precipitado electrolítico tiene 8 placas y trabaja a una presión de 50 a 80psi, la humedad final del queque esta en promedio de 4%.

Operación de la planta de desorción a Presión

El carbón rico con una ley promedio de 2Kg. de Au /TM carbón proveniente de los circuitos de adsorción es cargado al reactor de desorción por intermedio de una bomba vertical de 30 HP.

Para la primera desorción se prepara 400Kg de soda cáustica luego esta solución preparada se trasvasa hacia el tanque strip completando el volumen con agua, se recircula esta solución a un flujo de 26m³/h entre el segundo intercambiador de calor, el primer intercambiador de calor y el tanque de solución strip, previamente se prende el boiler de aceite térmico calentando la solución y recirculando el aceite térmico entre el boiler y el primer intercambiador de calor, una vez que se llega a la temperatura de 130 a 140°C se desvía la solución hacia el reactor que tiene una presión de 50 a 60psi desorbiendo el carbón, la solución rica que sale por la parte superior del reactor pasa por los filtros, luego por el segundo intercambiador para seguir por el tercer intercambiador de calor reduciendo su temperatura hasta 74°C para alimentar a las 04 celdas electrolíticas donde precipita las especies valiosas en los cátodos, la solución pobre que sale de las celdas electrolíticas retorna hacia el tanque de solución strip para recirculara por el segundo, el primer intercambiador de calor y el reactor de desorción y las celdas electrolíticas. El tiempo que demora la desorción es:

- Tiempo para llegar a 130°C de 2 a 3 horas
- Tiempo que dura la electrodeposición de 7 a 8 horas
- Tiempo para enfriar la desorción 2 horas
- Tiempo total de desorción de 11 a 13 horas

En el anexo H se muestra el diagrama de flujo de una planta de desorción a presión.

11.2 DESORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO EN LA MINA DE QUICAY

Desde el inicio de las operaciones de la mina Quicay (Noviembre 2002) la desorción del carbón activado y fundición se realizaba en la ciudad de Lima.

Una vez cargado el carbón con los metales preciosos en la columna se procedía la descarga de la columna, se pesaba y muestreaba (para hallar la humedad y leyes) para luego ser trasladado a Lima para la desorción y fundición, en la siguiente tabla Nro. 25 se muestra los costos de desorción, fundición y otros del carbón rico realizado en Lima.

Tabla N ro. 25

CÁLCULO DE COSTO POR PROCESO EN LIMA

Conceptos			US\$/Proceso
Desorción	0,700 US\$/Kg	2000 Kg/Proceso	1.400
Fundición	0,020 US\$/Kg	2000 Kg/Proceso	40
Transporte Local	456,204 US\$/Viaje	2 Proceso/Viaje	228
Transporte Mina - Lima	352,000 US\$/Viaje	2 Proceso/Viaje	176
Camioneta	120,000 US\$/Viaje	2 Proceso/Viaje	60
Seguridad	973,236 US\$/Mes	8 Proceso/Mes	122
GPS	120,000 US\$/Mes	8 Proceso/Mes	15
TOTAL US\$/PROCESO LIMA (REMEGA)			2041

Nota: Cada Proceso igual a 2 Toneladas de Carbón.

Una vez terminado el proceso de desorción, el carbón pobre era regresado a la mina. A fines del año 2004 se empezó la construcción de la planta de desorción y fundición en la mina, esta planta queda lista para su operación para enero del 2005 siendo el costo total de US\$ 80000, en el grafico Nro. 24 se muestra el circuito de desorción inicial.

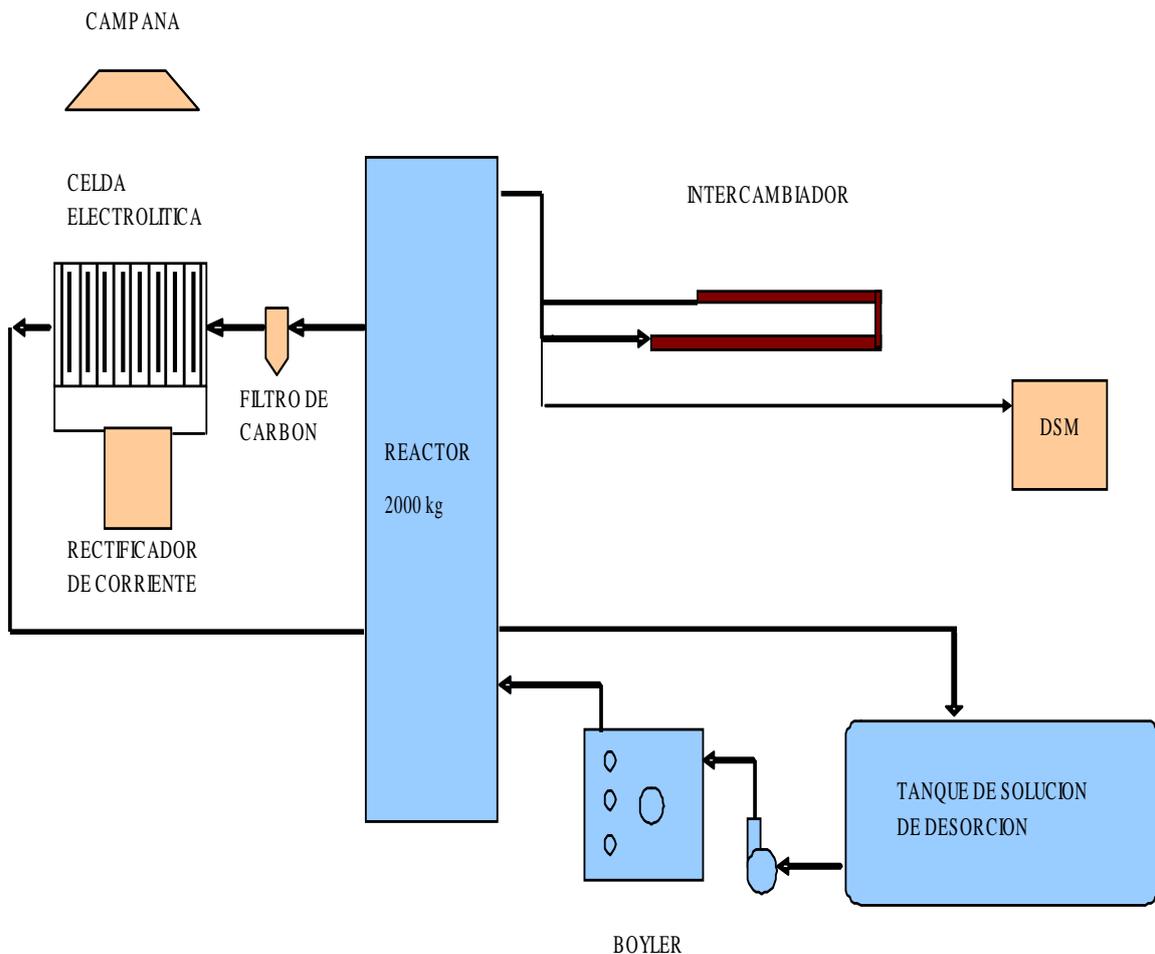
La planta de desorción Inicial contaba con los siguientes equipos:

Equipos de Desorción

- Reactor de desorción de 2000kg de carbón, diámetro 1.2m y altura 5.52m, con 30 tapones de burbujeo de acero inoxidable de 2" de diámetro ubicado en dos medias lunas también de acero inoxidable.
- Tanque de almacenamiento de solución Efluente de diámetro 1.20m y 3.0m de largo.
- Boyler para calentar la solución de largo 1.24m, ancho 1.24m y altura 0.80m.

- Quemador a Gas propano para calentar el boyler.
- Bomba horizontal de recirculación de 4HP.
- Celda electrolítica de largo 1.54cm, ancho 1.00m y altura 0.70m, con 08 cátodos y 09 ánodos
- Intercambiador de Calor, formado por dos tuberías de fierro SCH 40 concéntricas de 2" y 3" de diámetro por donde circula la solución eluente caliente y solución barren fría.
- Campana Extractora con motor de 5HP
- Rectificador de Corriente enfriado con aceite de 0 a 1500 amperios y de 0 a 20 voltios.
- Filtro para carbón Fino inoxidable con malla 30
- DSM de malla 20

Grafico Nro. 24 Circuito de desorción Inicial

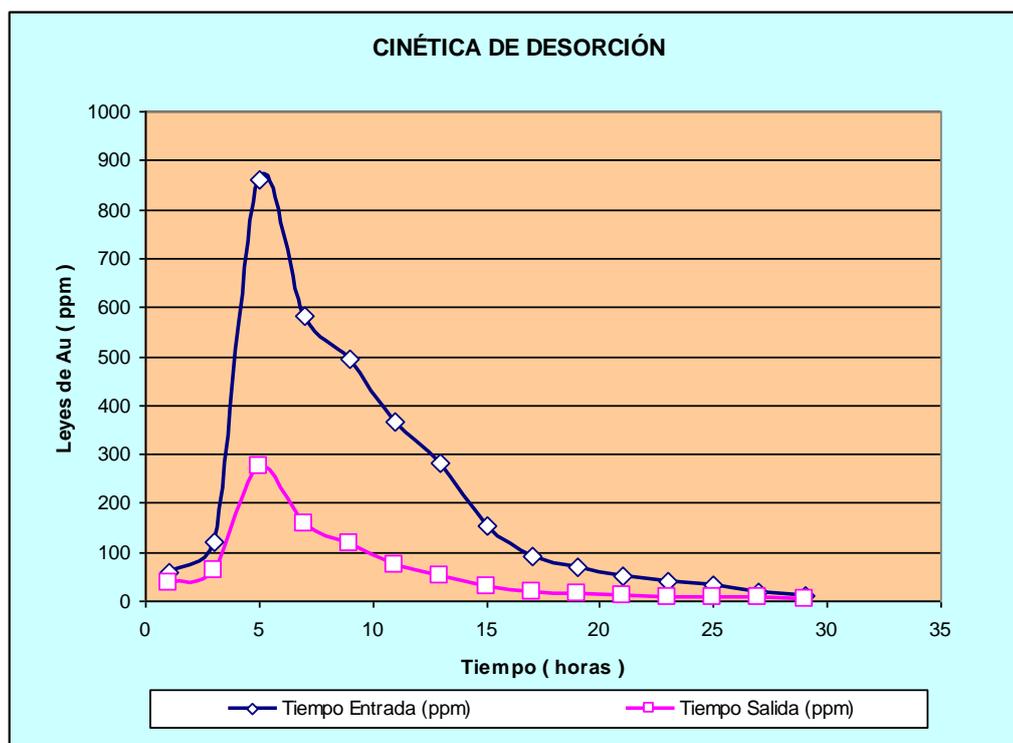


11.3 PRIMERA DESORCIÓN

En el mes de Enero del 2006 se realizo la primera desorción del carbón activado en la mina, se cargo el reactor con 2000Kg de carbón rico, Se preparo una solución de 5m³ utilizando agua, 1000 lt de alcohol etílico, 50Kg. de hidróxido de sodio y 2Kg de cianuro de sodio la solución preparada se compartió en el tanque de desorción y reactor, esta solución se calentó con el boyler y se traslado con la bomba hacia el reactor de desorción a un flujo de 20gpm hasta que se alcanzo la temperatura de (70°C), para luego ser enfriada a 62°C antes de ingresar a la celda de electro deposición donde se obtiene el cemento aurífero que precipita sobre la lana de fierro en los cátodos, esto se logra trabajando a un amperaje y voltaje adecuado de 700 Amperios y 4.0Voltios, manteniendo el pH de 12 a 13 el proceso es constantemente monitoreado en sus parámetros, y muestreando la ley de la solución en la entrada y salida de la celda electrolítica, el tiempo de desorción fue de 28horas, con una recuperación fue de 96%.

Con los datos de leyes de entrada y salida de la celda de electrodeposición se hallo la cinética de desorción como se muestra en la tabla Nro. 26

Tabla Nro. 26



Se realizo el ataque en caliente del precipitado con acido clorhídrico para disolver la lana de acero, se filtro y se fundió el precipitado.

El tiempo de desorción fue alto debido a que no se podía mantener la temperatura en el boyler porque los balones de gas que utilizaba el quemador se congelaba en las noches.

11.4 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE DESORCIÓN Y FUNDICIÓN EN LA CIUDAD DE LIMA Y LA MINA QUICAY

En la siguiente tabla Nro. 27 y 28 se muestran los costos del proceso de desorción y fundición de la primera desorción.

Tabla Nro. 27

RESUMEN DE COSTOS DE LA DESORCIÓN, ATAQUE QUÍMICO Y FUNDICIÓN DEL LOTE CCD 4 - 36

DESORCIÓN

INSUMOS	Costo unitario		Consumo	Costo total
	US\$	Unidad		US\$
Alcohol etílico 96°	0,57	Litro	1000	570,00
Soda cáustica	0,6	Kg.	50	30,00
Cianuro de sodio	0,91	Kg.	2	1,82
Lana de acero	13	Kg.	2,4	31,20
Gas Propano	0,780	Kg.	450	351,00
Energía	1,415	\$/hr	31	43,87
Total				1027,89

ATAQUE QUÍMICO Y FUNDICIÓN

INSUMOS	Costo unitario		Consumo	Costo total
	US\$	Unidad		US\$
Bórax	0,89	Kg.	9	8,01
Carbonato de Sodio	0,5	Kg.	3	1,50
Soda cáustica	0,6	Kg.	5	3,00
Tubo de Vidrio	1,3	Unidad	1	1,30
Papel de Filtro	0,6	Unidad	4	2,40
HCL al 33%	0,4	Kg.	20	8,00
Gas Propano	0,78	Kg.	90	70,20
Desgaste del Crisol	251,200	Unidad	0,125	31,40
Energía	1,415	\$/hr	8	11,32
Total				137,13

DESORCIÓN	1027,89	0,514 US\$/Kg. carbón
FUNDICIÓN	137,13	0,069 US\$/Kg. carbón
Total	1165,03	0,583 US\$/Kg. carbón

Tabla Nro. 28

Proceso Desorción y Fundición Lima		Proceso Desorción y Fundición Mina	
Desorción	0,70 US\$/Kg. carbón	Desorción	0,51 US\$/Kg. carbón
Fundición	0,20 US\$/Kg. carbón	Fundición	0,07 US\$/Kg. carbón
TOTAL	0,90 US\$/Kg. carbón	TOTAL	0,58 US\$/Kg. carbón
Ahorro por proceso		0,32 US\$/Kg. carbón	

Como se aprecia en el cuadro anterior se tiene un ahorro de 0.32 US\$/Kg. de carbón para 20 desorciones al mes se tendría 40000Kg. de carbón para al desorción por lo que al mes se tendría un ahorro de US\$12800, con lo cual en 8 meses se recuperaría la inversión.

11.5 CAMBIOS EN EL CIRCUITO DE DESORCIÓN

En los siguientes meses se continuó con la optimización del circuito de desorción, con el objetivo de bajar el tiempo de desorción lo cual vendría en una disminución de los costos en la desorción para lo cual se realizaron los siguientes cambios:

- **Cambio del quemador del Boyler**

Inicialmente la planta de desorción contaba con un quemador con combustible de gas propano en balones de 45Kg. Esto traía un problema ya que los balones de gas se congelaban en las noches y no mantenían constante la temperatura trayendo como consecuencia una demora en el tiempo de desorción por lo que se cambio el quemador de gas colocando un quemador a petróleo.

- **Instalación de otra celda de electro deposición.**

Se instalo otra celda de electro deposición (inicialmente se contaba con una sola celda de electrodeposicion) la nueva celda se coloco en paralelo con la celda existente.

- **Cambio del diámetro de las tuberías.**

Se procedió a cambiar el diámetro de las tuberías de salida de celdas electrolíticas que descargan la solución pobre de las celdas al tanque de preparación de reactivos se cambio a tuberías de diámetro de 3" (inicialmente tenían diámetro de 2").

- **Se estandarizaron los parámetros operativos**

Alcohol etílico 1000L

Soda cáustica 50Kg.

Solución de preparación 5m³

Temperatura del boyler 75°C

Temperatura del reactor 70°C

Temperatura de la celda electrolíticas 60°C

Flujo en las celdas 12gpm

pH = 13

Voltaje 4.0voltios

Amperaje 700amperios.

Ya no se adiciona NaCN debido que podría redissolver el cemento.

Con estos cambios se logro disminuir el tiempo de desorción a un promedio de 18 horas.

En la tabla Nro. 29 y grafico Nro. 25 se muestran la desorción del oro y la plata en las dos celdas electrolíticas con los cambios realizados el tiempo de desorción disminuyo en promedio a 18 horas.

También se cambio el quemador del horno de fundición por un quemador a petróleo.

Tabla Nro. 29

PROCESO DE DESORCIÓN
LEYES DE LA SOLUCIÓN EN LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS

Tiempo (Horas)	Au			Ag		
	Entrada Au (ppm)	Salida C - 1 (ppm)	Salida C - 2 (ppm)	Entrada Ag (ppm)	Salida C - 1 (ppm)	Salida C - 2 (ppm)
1	95,28	85,26	90,23	120,15	85,36	95,42
3	452,90	201,40	227,60	219,40	107,30	121,30
4	372,10	212,10	227,30	117,80	71,22	74,03
5	293,10	159,20	176,40	41,64	44,50	62,91
6	192,80	118,20	125,90	34,56	19,95	20,51
7	152,90	102,00	106,90	20,66	13,10	13,94
8	129,20	73,18	78,83	11,76	6,64	7,39
9	104,00	55,54	61,56	7,38	4,19	1,82
10	73,74	43,08	47,84	3,61	2,05	2,36
11	57,61	32,15	36,51	2,02	0,99	1,32
12	47,09	27,40	31,45	1,23	0,60	1,17
13	36,60	21,55	25,20	0,67	0,22	1,14
14	28,10	15,67	17,22	0,60	0,25	0,77
15	21,78	11,79	13,48	0,55	0,24	0,35
16	17,09	9,73	10,42	0,32	0,17	0,34
17	14,58	8,27	9,50	0,30	0,14	0,31
18	12,98	7,06	9,22	0,37	0,18	0,33
19	10,31	5,56	5,89	0,27	0,15	0,21

Ley de Oro en el Carbón

Rico gr./Kg. carbón	Pobre gr./Kg. carbón	Eficiencia %
3,58	0,139	96,12

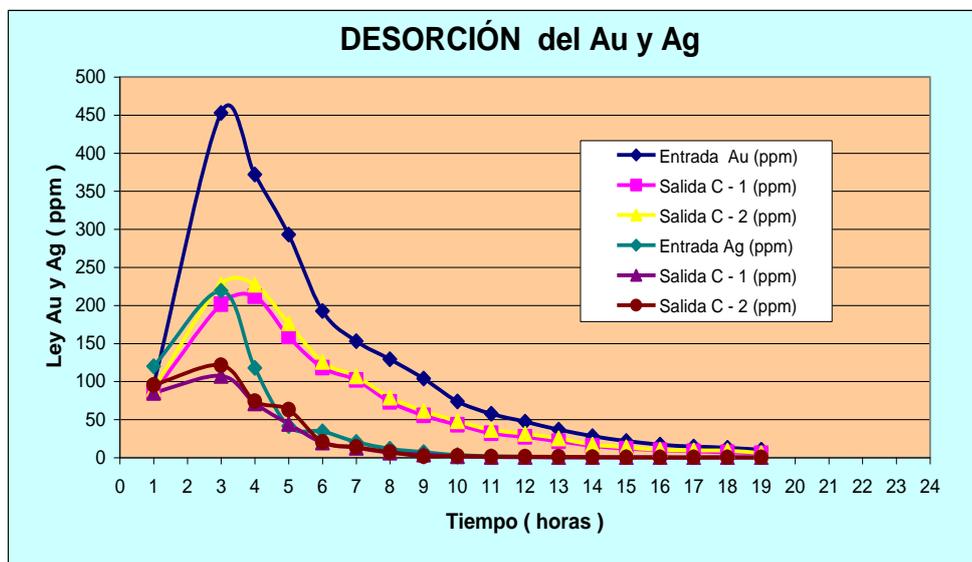


Grafico N ro. 25

Como se aprecia en el gráfico en las primeros 08 horas la cinética de desorción es más rápida, luego de este tiempo la cinética es mas lenta.

La cinética de desorción de la plata es más rápida que la del oro.

11.6 COSTOS FINALES EN LA DESORCIÓN

En la tabla Nro. 30 y 31 se observa los costos totales después de los cambios en el circuito de desorción.

Tabla Nro. 30

RESUMEN DE COSTOS DE LA DESORCIÓN, ATAQUE QUÍMICO Y FUNDICIÓN DESPUÉS DE LOS CAMBIOS REALIZADOS

DESORCIÓN

INSUMOS	Costo unitario		Consumo	Costo total
	US\$	Unidad		US\$
Alcohol etílico 96°	0,57	Litro	1000	570,00
Soda cáustica	0,6	Kg.	50	30,00
Cianuro de sodio	0,91	Kg.	0	0,00
Lana de acero	13	Kg.	2,4	31,20
Petróleo D - 2	2,470	Kg.	65	160,55
Energía	1,415	\$/hr	18	25,48
Total				817,23

ATAQUE QUÍMICO Y FUNDICIÓN

INSUMOS	Costo unitario		Consumo	Costo total
	US\$	Unidad		US\$
Bórax	0,89	Kg.	1,5	1,34
Carbonato de Sodio	0,5	Kg.	0,5	0,25
Soda cáustica	0,6	Kg.	5	3,00
Tubo de Vidrio	1,3	Unidad	1	1,30
Papel de Filtro	0,6	Unidad	4	2,40
HCL al 33%	0,4	Kg.	20	8,00
Petróleo D - 2	2,470	Kg.	24	59,28
Desgaste del Crisol	251,200	Unidad	0,125	31,40
Energía	1,415	\$/hr	8	11,32
Total				118,29

DESORCIÓN	817,23	0,409 US\$/Kg. carbón
FUNDICIÓN	118,29	0,059 US\$/Kg. carbón
Total	935,51	0,468 US\$/Kg. carbón

Tabla Nro. 31

Ciudad de Lima		Mina Quicay al Inicio		Mina Quicay con los cambios realizados	
Proceso Desorción y Fundición		Proceso Desorción y Fundición		Proceso Desorción y Fundición	
Desorción	0,700 US\$/Kg. carbón	Desorción	0,514 US\$/Kg. carbón	Desorción	0,409 US\$/Kg. carbón
Fundición	0,200 US\$/Kg. carbón	Fundición	0,069 US\$/Kg. carbón	Fundición	0,059 US\$/Kg. carbón
TOTAL	0,900 US\$/Kg. carbón	TOTAL	0,583 US\$/Kg. carbón	TOTAL	0,468 US\$/Kg. carbón

Después de los cambios el costo de desorción disminuyó cerca el 50% en comparación con los costos de desorción en Lima.



Foto Nro. 41 Reactor de Desorción Nro. 2



Foto Nro. 42 Colocación del Reactor Nro. 2



Foto Nro. 43 Reactor Nro.1 y Nro. 2

- **BOYLER (CALENTADOR DE SOLUCIÓN)**

El Boyler de tipo acuatubular de 350,000BTU/hora de 1.24m de largo, 0.80m de ancho y 1.24m de altura. Interiormente cuenta con tubos especiales para caldero de 2" de diámetro y 3/16" de espesor, este tubo soporta hasta 350°C de temperatura, y por donde circula la solución eluente que es calentada por un quemador a petróleo. El hogar esta formado por ladrillos refractarios, todo el Boyler esta forrado con fibra de vidrio y planchas de fierro.

Cuenta con un manómetro para medir la presión y termómetro para la temperatura, el costo de fabricación fue de US\$ 5358, como se muestra en la tabla Nro. 33.

Tabla Nro. 33

COSTO DE FABRICACIÓN DEL BOYLER, 1,24m x 0,80m x 1,24m, Tipo Acuatubular

Item	MATERIALES	UNIDAD	Cantidad	Precio US\$	Total US\$
1	PLANCHA DE FIERRO ACERO ESTRUCTURAL DE 3/4" x 1,2m x 2,4m	pza	1	430,68	430,68
2	PLANCHA DE FIERRO ACERO ESTRUCTURAL DE 1/4" x 1,2m x 2,4m	pza	2	143,56	287,12
3	PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO DE 1/27" x 1,2m x 2,4m	pza	2	29,24	58,48
4	ANGULO DE 3" x 3" x 1/4" x 6m	pza	3	34,92	104,77
5	ELECTRODO INOXIDABLE 1/8" AW	Kg.	30	3,00	90,00
6	ELECTRODO SUPERCITO 3/16"	Kg.	10	3,00	30,00
7	PERFIL DE FIERRO EN L DE 3" x 3" x 1/4" x 6m	pza	3	50,00	150,00
8	TUBO PARA CALDERO ASTM 178 DE 2" x 6m	pza	10	100,00	1000,00
9	EMPAQUETADURA PARA ALTA TEMPERATURA DE 1,2 m x 2,0m	pza	1	50,00	50,00
10	PERNO HEXAGONAL G-8 DE 3/4" x 2"	pza	60	0,31	18,60
11	TUERCA HEXAGONAL G-8 DE 3/4"	pza	60	0,31	18,60
12	TERMÓMETRO BIMETALES ACERO INOXIDABLE DE 0 a 200 °c	pza	1	38,00	38,00
13	MANÓMETRO CON BAÑO DE GLICERINA INOXIDABLE DE 0 a 60 PSI	pza	1	32,16	32,16
14	VÁLVULA DE BOLA INOXIDABLE DE 1" DE DIÁMETRO	pza	2	15,80	31,60
15	TUBO DE FIERRO DE 11/2" DE DIÁMETRO DE 1/4" DE ESPESOR	pza	1	50,00	50,00
16	TUBO DE FIERRO DE 1" DE DIÁMETRO DE 1/4" DE ESPESOR	pza	1	50,00	50,00
17	BRIDA DE FIERRO SOLDABLE DE 1 1/2" DE DIÁMETRO	pza	2	5,00	10,00
18	CODO DE FIERRO DE 1 1/2" x 90°	pza	1	5,00	5,00
19	LADRILLOS REFRACTARIO DE 9" x 3 1/2" x 2 1/2" ALUSITE 70 ALUMINA REPSA	pza	300	3,71	1112,82
20	LADRILLOS REFRACTARIO AISLANTES K - 23 REPSA	pza	100	3,84	383,77
21	CEMENTO REFRACTARIO HARWARCOBOND REPSA	Kg.	200	1,05	209,80
22	MORTERO REFRACTARIO CASTOLAST GB REPSA	Kg.	360	1,50	540,00
23	MANTA KAOWOOL 1260 300 x 24 x 1" X 50 ft	Rollo	2	78,32	156,64
24	OTROS				500,00
				TOTAL US\$	5358

El costo del reactor fue de US\$ 8402 y del boyler fue de US\$ 5358 dando un costo total de US\$ 13760.



Foto Nro. 44 Construcción del Boyler (Tubos de Caldero)



Foto Nro. 45 Construcción del Hogar del Boyler



Foto Nro. 46 Boyler Terminado

CAPITULO XII

PRUEBAS METALURGICAS CON CARBÓN ACTIVADO

Estas pruebas se realizan para evaluar el comportamiento del carbón activado en la planta ADR (adsorción, desorción y recuperación).

12.1 PRUEBAS DE ADSORCIÓN DE ORO

Las pruebas de cinética de adsorción del oro en el carbón activado, consiste en hallar el % de adsorción de oro en el carbón activado procedente de las diferentes etapas tales como: el carbón desorbido, reactivado químicamente (R.Q) y carbón reactivado térmicamente (R.T) estas pruebas son comparados con el % de adsorción del oro de un carbón nuevo, estas pruebas se realizan a las mismas condiciones.

Para estas pruebas se sacan muestras del carbón desorcionado, reactivado químicamente, y térmicamente y son realizadas con solución pregnant proveniente de planta.

Parámetros de la prueba:

Peso del Carbón	1,3g.
Volumen Solución	1300ml
Ley Au solución pregnant	0,658ppm
Volumen del alícuota	20ml
pH	9,95
Tiempo de Agitación	24horas
Granulometría	malla12
Sistema de Agitación	rodillos

En la siguiente tabla Nro. 34 y el grafico Nro. 26 Se muestra las comparaciones del carbón activado en las diferentes etapas, donde le carbón reactivado térmicamente tiene una buena recuperación de oro por lo que al cargarlo al circuito de adsorción nos garantiza bajos valores metálicos de oro en la solución barren.

Pruebas de adsorción del carbón proveniente de la planta

Tabla Nro. 34

Carbón	Tiempo horas	Vol.Sol. lts,	Vol. Alícuota lts,	Au ppm	Adsorción Au mg	Recuperación %	
C a r b ó n	D e s o r b i d o	0,00	1,300	0,000	0,658	0,000	0,00
		0,25	1,280	0,020	0,600	0,075	9,48
		0,50	1,260	0,020	0,580	0,101	12,69
		1,00	1,240	0,020	0,535	0,158	19,82
		2,00	1,220	0,020	0,485	0,220	27,61
		4,00	1,200	0,020	0,356	0,377	47,39
		8,00	1,180	0,020	0,250	0,504	63,38
		24,00	1,160	0,020	0,180	0,587	73,76
R e c t .	Q u í m i c a	0,00	1,300	0,000	0,658	0,000	0,00
		0,25	1,280	0,020	0,593	0,085	10,57
		0,50	1,260	0,020	0,553	0,136	16,97
		1,00	1,240	0,020	0,496	0,208	25,96
		2,00	1,220	0,020	0,445	0,271	33,87
		4,00	1,200	0,020	0,343	0,395	49,43
		8,00	1,180	0,020	0,216	0,548	68,49
		24,00	1,160	0,020	0,148	0,628	78,53
R e c t .	T é r m i c a	0,00	1,300	0,000	0,658	0,000	0,00
		0,25	1,280	0,020	0,589	0,090	11,11
		0,50	1,260	0,020	0,553	0,136	16,82
		1,00	1,240	0,020	0,476	0,233	28,83
		2,00	1,220	0,020	0,364	0,372	46,04
		4,00	1,200	0,020	0,246	0,516	63,87
		8,00	1,180	0,020	0,122	0,664	82,30
		24,00	1,160	0,020	0,051	0,748	92,67
N u e v o		0,00	1,300	0,000	0,658	0,000	0,00
		0,25	1,280	0,020	0,348	0,403	48,67
		0,50	1,260	0,020	0,321	0,438	52,84
		1,00	1,240	0,020	0,287	0,480	58,02
		2,00	1,220	0,020	0,215	0,570	68,80
		4,00	1,200	0,020	0,133	0,670	80,88
		8,00	1,180	0,020	0,058	0,760	91,75
		24,00	1,160	0,020	0,007	0,820	99,02

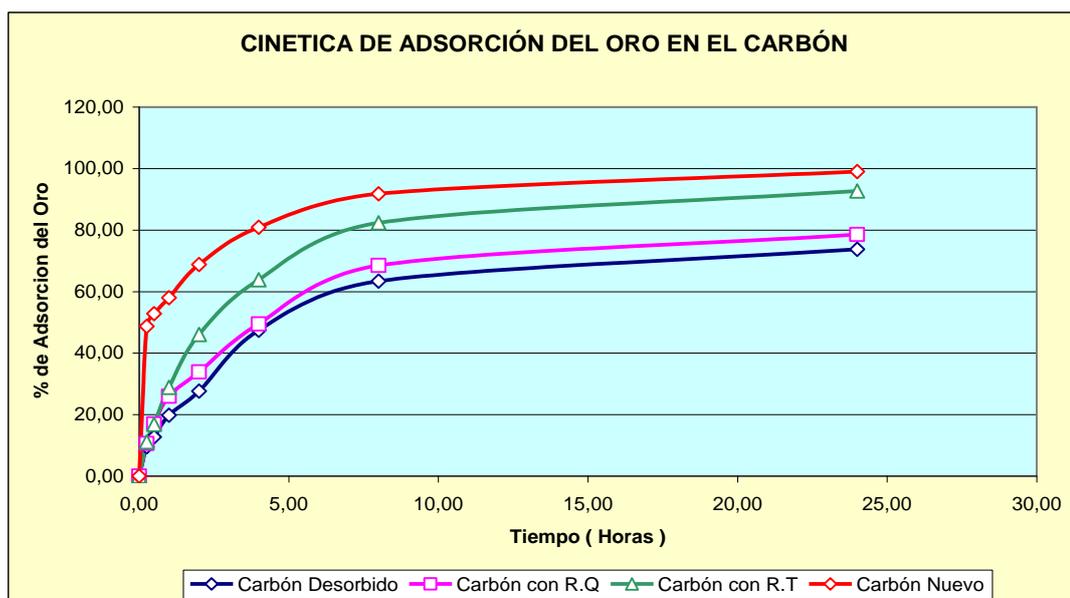


Grafico Nro. 26

12.2 PRUEBA DE CARGA DE EQUILIBRIO PARA LA LEY DE SOLUCIÓN RICA DE LOS CIRCUITOS CIC

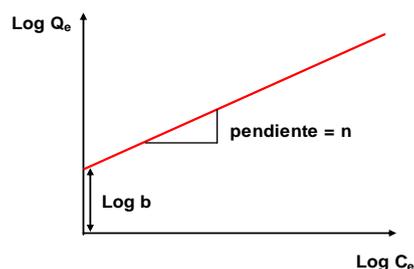
Para cuantificar la relación entre la cantidad de oro adsorbido por el carbón y la concentración de oro removido en la solución de los circuitos de adsorción se realizó esta prueba utilizando la Isoterma de Freundlich.

La ecuación de Freundlich es matemáticamente expresado:

$$Q_e = k (C_e)^n$$

Donde:

- Q_e = Carbón cargado en el equilibrio.
- C_e = Concentración de la solución en el Equilibrio
- K y n = Constantes de Freundlich



Tomando logaritmos de la expresión tenemos lo siguiente:

$$\text{Log } Q_e = n \text{ Log } C_e + \text{Log } k$$

Donde:

n= Pendiente de la línea

k= La intersección con el eje "y"

Para determinar la constante de Freundlich, se grafica Log C versus Log Q

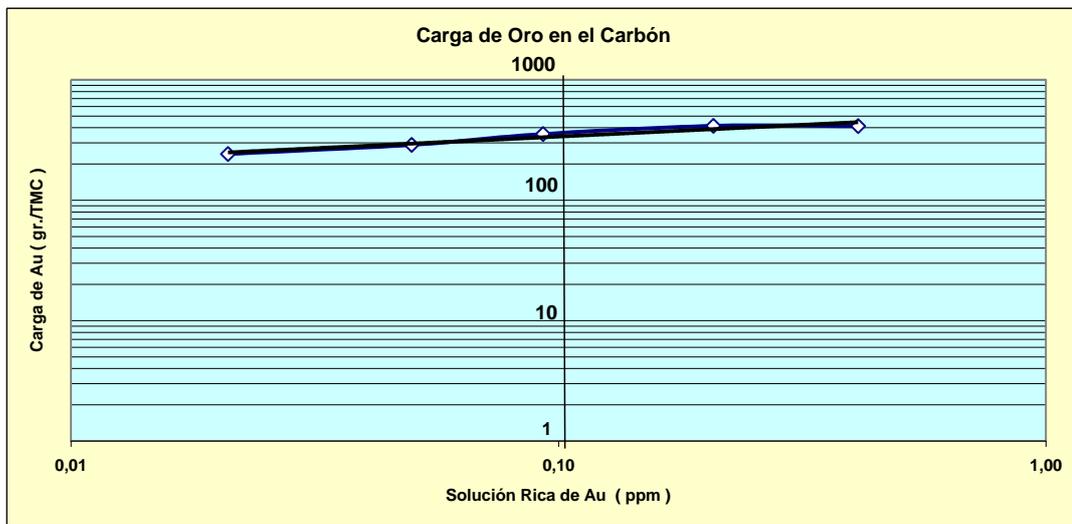
Conociendo las leyes de oro en las salidas de los tanques y la cantidad de carbón por tanque se halló las isotermas de Freundlich para los dos circuitos de Adsorción como se observa en los gráficos Nro. 28 y 29

Tabla Nro. 35

Análisis de capacidad de Carga con la ecuación de Freundlich para el Circuito Nro 1

Circuito Nº 1 Columna	Peso Carbón (Kg.)	Solución Rica (m ³ /día)	Ley Sol. Inicial (ppm)	Ley Sol. Final (ppm)	Carga Au gr. / TMC
C - 1	2000	4080	0,614	0,412	412
C - 2	2000	4080	0,614	0,208	414
C - 3	2000	4080	0,614	0,093	354
C - 4	2000	4080	0,614	0,05	288
C - 5	2000	4080	0,614	0,021	242

Grafico Nro. 27



CAPACIDAD DE CARGA DEL CARBÓN

Análisis de capacidad de carga con la ecuación de Freundlich

$$\text{Log } Q_e = n \text{ Log } C_e + \text{Log } b$$

$$Q_e = 526,85 (C_e)^{0,1939}$$

$$R^2 = 0,9319$$

Para el circuito Nro. 1

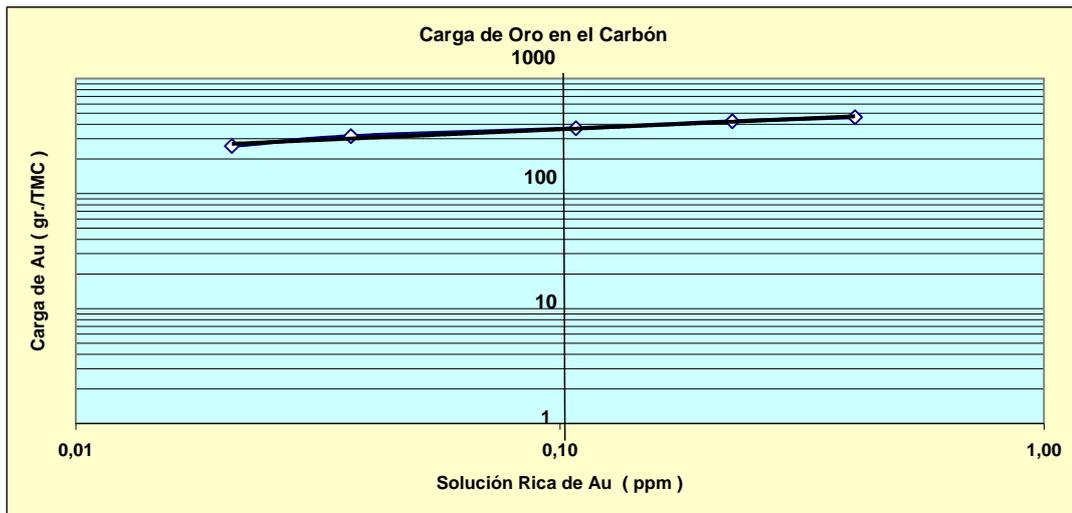
Freundlich	Columna N ro 1	Columna N ro 2	Columna N ro 3	Columna N ro 4	Columna N ro 5
Sol. Pobre (Ce)	0,412	0,208	0,093	0,05	0,021
Qe (estimado)	444	389	332	295	249

Tabla Nro. 36

Análisis de capacidad de Carga con la ecuación de Freundlich para el Circuito Nro 2

Circuito Nº 1 Columna	Peso Carbón (Kg.)	Solución Rica (m ³ /día)	Ley Sol. Inicial (ppm)	Ley Sol. Final (ppm)	Carga Au gr. / TMC
C - 6	2000	4320	0,62	0,407	460
C - 7	2000	4320	0,62	0,227	424
C - 8	2000	4320	0,62	0,108	369
C - 9	2000	4320	0,62	0,037	315
C - 10	2000	4320	0,62	0,021	259

Grafico Nro. 28



CAPACIDAD DE CARGA DEL CARBÓN

Análisis de capacidad de carga con la ecuación de Freundlich

$$\text{Log } Q_e = n \text{ Log } C_e + \text{Log } b$$

$$Q_e = 545,56 (C_e)^{0,1862}$$

$$R^2 = 0,9786$$

Para el circuito Nro. 2

Freundlich	Columna N ro 6	Columna N ro 7	Columna N ro 8	Columna N ro 9	Columna N ro 10
Sol. Pobre (Ce)	0,407	0,227	0,108	0,037	0,021
Qe (estimado)	461	414	360	295	266

Con la isoterma de Freundlich, las leyes de soluciones y la cantidad de carbón en estos circuitos se podrían predecir la cantidad de oro recuperado al adicionar una columna más en los circuitos.

12.3 CARBÓN FINO GENERADO EN LA PLANTA

El carbón activado al pasar por los procesos de adsorción, desorción, reactivación química y reactivación térmica se genera carbón fino (- malla 20), estos carbones finos tienen leyes en promedio de 0.15 a 0.20 gr. de Au / Kg de carbón.

Se realizó un muestreo del carbón en los diferentes procesos, determinándose la cantidad del % del carbón fino generado, en la tabla Nro. 37 se muestra el carbón fino producido, no se está considerando las lamas de carbón.

Tabla Nro. 37

Muestreo de carbones en la planta ADR

Puntos de Muestreo	Peso Total	Peso (gr.) malla+12	Peso (gr.) malla+20	Peso (gr.) malla-20	% finos malla-12	% finos malla-20
Salida Adsorción	129,95	87,10	42,30	0,55	32,97	0,42
Salida Desorción	160,15	90,20	69,10	0,85	43,68	0,53
Salida de RQ	138,50	88,10	50,00	0,40	36,39	0,29
Salida de RT	165,80	100,12	64,30	1,38	39,61	0,83
% de finos -malla 20 generados						2,08

Como se observa en la anterior tabla el mayor contenido del carbón fino (- malla 20) se genera en la reactivación térmica ocasionado durante el choque térmico.

Se tiene en total un promedio de 2% de pérdida del peso del carbón.

El carbón fino principalmente se genera por:

- La atrición en el interior de las columnas de adsorción y reactores de desorción.
- Los eductores para la carga y descarga del carbón de las columnas de adsorción y los reactores de desorción.
- La reactivación química. Y la reactivación térmica realizada en el horno eléctrico.

Este carbón fino si no es recuperado será descargado a la poza barren y bombeados a los pads ocasionando el efecto del Preg - Robbing en la pila.

Este efecto es más pronunciado en las minas donde se mueve mayor cantidad de carbón, ocasionando los problemas mencionados y también genera problemas en el riego agudizándose más si se utiliza el sistema de riego por goteo.

CAPITULO XIII

USO DE ANTICRUSTANTES EN LA PLANTA

Uno de los problemas mas comunes que se presentan en las plantas que utilizan la cal con la finalidad de controlar la hidrólisis de la solución cianurada es la presencia de los carbonatos de calcio, estos carbonatos de calcio se van a incrustar en los intersticios de los carbones llevando como consecuencia a una baja en la recuperación y también generan problemas en las tuberías reduciendo el diámetro, encalichandose.

Para minimizar estos problemas se hace un lavado ácido del carbón después de la desorción, y también se utiliza agentes químicos llamados anticrustantes (Nalco, Sokalan) que van a llevar a que minimizar la precipitación de los carbonatos.

13.1 FORMACIÓN DEL CARBONATO

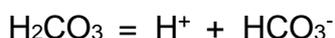
Principalmente los carbonatos se forman por:

Por el dióxido de carbono del aire (CO₂)

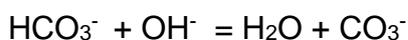
Toda solución acuosa que se encuentra en contacto con el aire tiende a formar el ácido carbónico (HCO₃), según la ecuación:



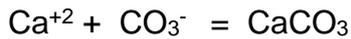
Este ácido carbónico inmediatamente después forma los iones bicarbonatos según la ecuación:



Y debido al medio alcalino que se presenta en las soluciones lixiviantes forman el Ion carbonato según la ecuación:



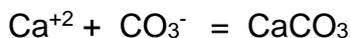
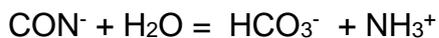
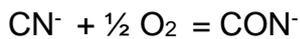
Este Ion carbonato junto con el calcio de la cal adicionada para llegar a medio alcalino forman el carbonato de calcio según la ecuación



La solubilidad del carbonato de calcio es muy baja (menor de 20 mg/l), por tal razón, condiciones que favorezcan la presencia de iones calcio y carbonatos ocasionara inestabilidad y precipitación de carbonato de calcio.

Por oxidación del CN^{-} , en la superficie del carbón

Se produce según las siguientes reacciones:



La causa principal de incrustamiento o encalichamiento es la baja solubilidad del carbonato de calcio y sales de magnesio a un pH alcalino y con el empleo de la cal forman un ambiente propicio para la formación del CaCO_3 por presencia de iones calcio.

13.2 ANTICRUSTANTES

Son polímeros de alto peso molecular que van a permitir que los carbonatos no precipiten, manteniéndolo en suspensión

Mecanismos de acción para inhibir encalichamiento:

- a.- Distorsión del cristal
- b.- Dispersión del Cristal
- c.- Incremento de la capacidad de la solución de portar sales

Polímeros de peso molecular adecuado son absorbidos sobre el cristal, impartiendo igual carga, generando repulsión por igual carga y suspensión Distorsionan los cristales encalichantes por disrupción de su estructura cristalina no dejándolo desarrollar.

En las fotos Nro. 47 se observa la acción del Sokalan AS5, en la foto Nro. 48 la formación del carbonato sin anticrustante y en la foto Nro. 49 la formación del carbonato con la acción del anticrustante y su inhibición

Foto Nro. 47

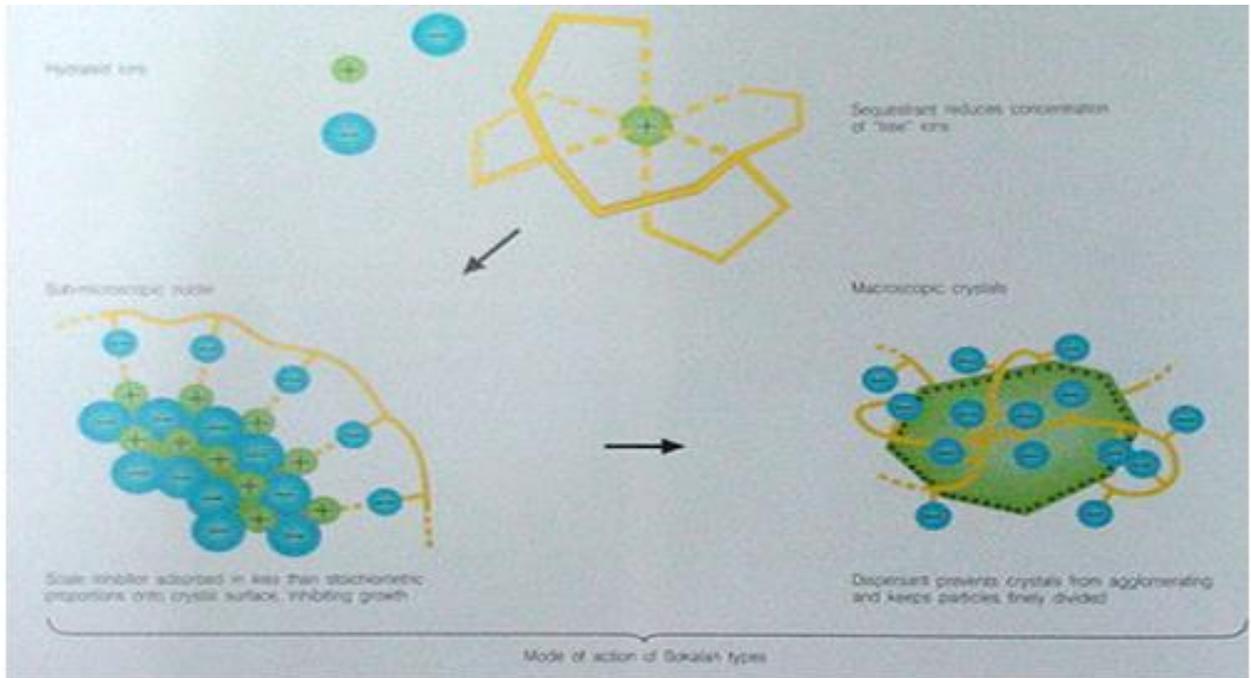


Foto Nro. 48

DESARROLLO NORMAL DE LOS CRISTALES DE CaCO_3
SIN ANTIINCRUSTANTE



Foto Nro. 49

INHIBICION DEL DESARROLLO DE LOS CRISTALES DE CaCO_3
POR ACCION DEL REACTIVO SOKALAN



13.4 BALANCE DE CARBONATOS

La adición continua y permanente de cal al mineral ocasiona que, la solución lixiviante tenga mayor proporción y vaya saturándose con sales de calcio (carbonatos, etc.). Los carbonatos contenidos en las soluciones (pregnant y barren) precipitan y forman costras o “caliche”. Estas precipitaciones ocasionan problemas de atoramiento y pérdidas de eficiencia en los aspersores, tuberías de lixiviación y también pasivan la superficie del carbón activado.

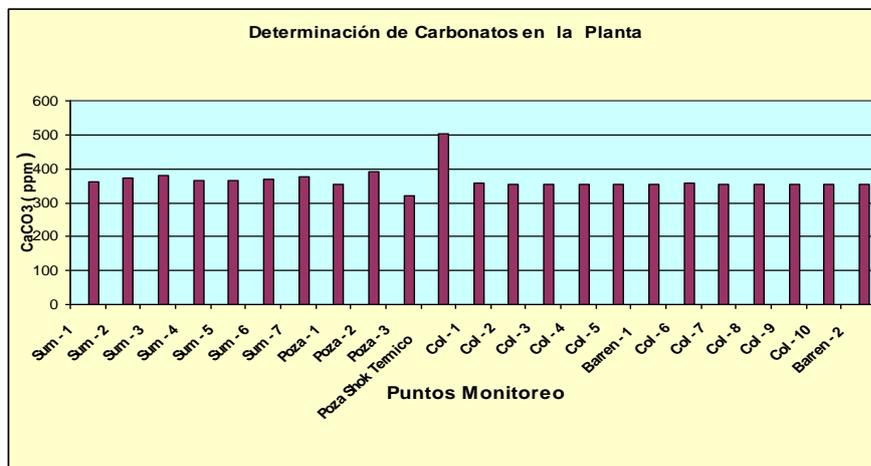
Actualmente en la Planta ADR se utiliza el antincrustante SOKALAN AS5 como inhibidor de carbonatos. Que se adiciona en las pozas pregnant y barren, a razón de 2 y 4ppm.

Se realizó un balance de carbonatos tomando muestras en los siguientes puntos Sumideros, pozas y columnas como se observa en la tabla Nro. 38, gráfico Nro. 29 y gráfico Nro. 30.

Tabla Nro. 38

Puntos de Muestreo	Normalidad (corregida)		0,100731 Carbonatos (ppm)	pH	
	Vol. Muestra (ml)	Vol. EDTA (ml)			
SUMIDERO	Sum - 1	25	1,80	362,63	9,61
	Sum - 2	25	1,85	372,70	9,66
	Sum - 3	25	1,88	378,75	9,71
	Sum - 4	25	1,81	364,65	9,65
	Sum - 5	25	1,82	366,66	9,58
	Sum - 6	25	1,84	370,69	9,7
	Sum - 7	25	1,87	376,73	9,67
POZA	Poza - 1	25	1,76	354,57	9,62
	Poza - 2	25	1,95	392,85	10,43
	Poza - 3	25	1,60	322,34	7,9
	Poza Shock Térmico	25	2,50	503,66	11,8
COLUMNAS	Col - 1	25	1,77	356,59	9,60
	Col - 2	25	1,75	352,56	9,63
	Col - 3	25	1,75	352,56	9,64
	Col - 4	25	1,76	354,57	9,63
	Col - 5	25	1,75	352,56	9,64
	Barren - 1	25	1,76	354,57	9,65
	Col - 6	25	1,78	358,60	9,65
	Col - 7	25	1,76	354,57	9,64
	Col - 8	25	1,75	352,56	9,65
	Col - 9	25	1,75	352,56	9,64
	Col - 10	25	1,76	354,57	9,65
	Barren - 2	25	1,76	354,57	9,64

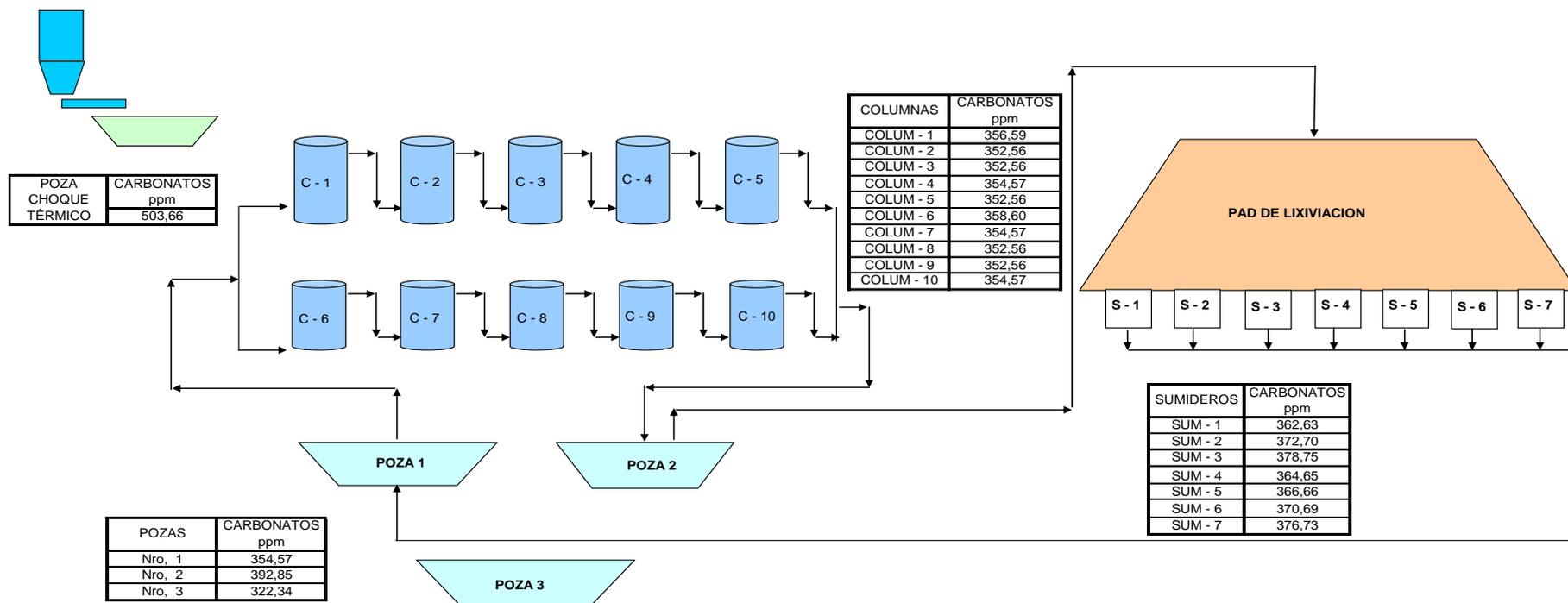
Gráfico Nro. 29



Para el caso de los sumideros el promedio en carbonatos es de 370.40 ppm y para las columnas es de 354.24 ppm

Grafico Nro. 30

DETERMINACIÓN DE CARBONATOS EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE LA PLANTA



De los puntos monitoreados se tiene que el menor contenido de carbonatos se encuentra en la poza Nro. 3 con 322.34ppm los mayores contenidos de carbonatos se encuentran en la poza de choque térmico con 503.66ppm. Y es también donde se encuentra las más altas medidas de pH (11.8), por lo que se decidió adicionar anticrustante en la poza de choque térmico.

También se realizo el seguimiento a los lotes del carbón hallando el contenido de carbonatos en el carbón. Como se observa en la tabla Nro. 39.

Tabla Nro. 39
ANÁLISIS DE CARBONATOS EN CARBÓN

Normalidad EDTA (corregida)

0,099477

Carbón Pobre		Carbón R, Químicamente		Carbón R, Térmicamente	
Gasto EDTA (ml)	Kg. CaCO ₃ /TMC	Gasto EDTA (ml)	Kg. CaCO ₃ /TMC	Gasto EDTA (ml)	Kg. CaCO ₃ /TMC
1,95	22,31	1,65	18,88	1,20	13,73
1,95	22,31	1,62	18,53	1,30	14,87
1,95	22,31	1,55	17,73	1,25	14,30
1,90	21,74	1,72	19,68	1,22	13,96
1,96	22,42	1,58	18,07	1,20	13,73
1,95	22,31	1,68	19,22	1,18	13,50
1,95	22,31	1,71	19,56	1,23	14,07
1,85	21,16	1,65	18,88	1,21	13,84
1,80	20,59	1,50	17,16	1,30	14,87

El contenido de carbonatos en el carbón esta en promedio de 14Kg. CaCO₃ / TM de carbón activado, en la reactivación térmica.

CAPITULO XIV

RECUPERACIÓN MENSUAL Y ACUMULADA EN LA PLANTA

En la planta Quicay se tiene la recuperación mensual de oro que se halla dividiendo el oro físico obtenido en las barras bullion, entre la cantidad de oro que se deposito en el Pad de lixiviación,

La recuperación acumulada se halla dividiendo la cantidad total de oro que se ha obtenido en las barras bullion desde que empezó las operaciones en la mina, entre la cantidad de oro que se ha depositado en el Pad hasta la fecha, como se observa en la tabla Nro. 40, grafico Nro. 31, grafico Nro. 33 y grafico Nro. 32 (se muestra la recuperación de Au y Ag de las pruebas iniciales en la mina Quicay), se tiene en promedio una recuperación de oro acumulada hasta diciembre del 2006 de 68.55%.

Tabla Nro. 40

Meses	Rec. Mensual (%)	Rec. Acum. (%)
ene-06	82,07	66,01
feb-06	91,84	66,61
mar-06	87,96	67,09
abr-06	81,37	67,41
may-06	63,24	67,32
jun-06	66,11	67,29
jul-06	64,69	67,24
ago-06	72,52	67,35
sep-06	78,41	67,57
oct-06	77,16	67,76
nov-06	83,80	68,02
dic-06	85,20	68,55

Grafico Nro. 31

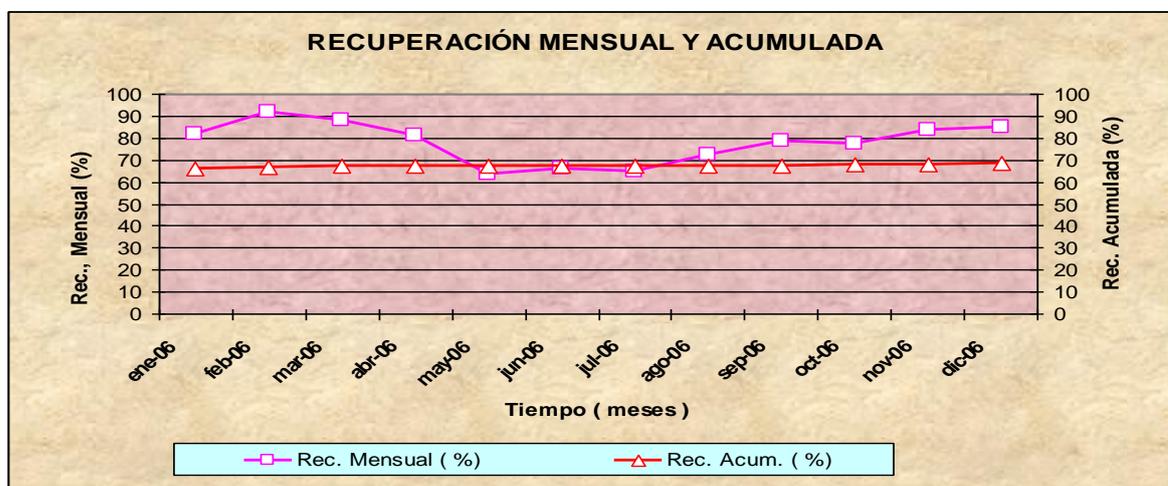


Grafico Nro. 32 Recuperación de Au y Ag en las Pruebas Metalurgicas al inicio de la Mina Quicay

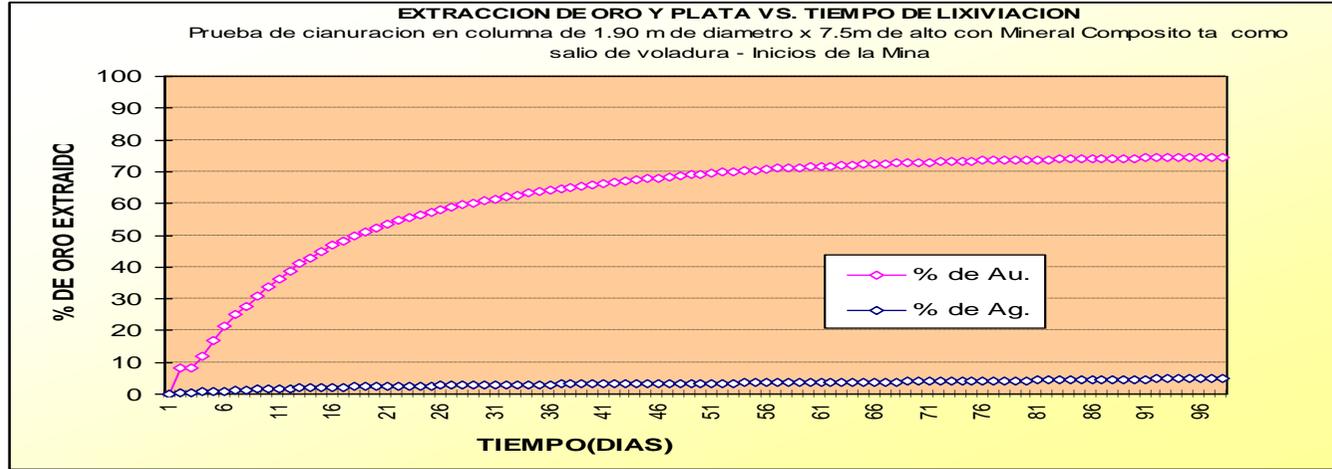
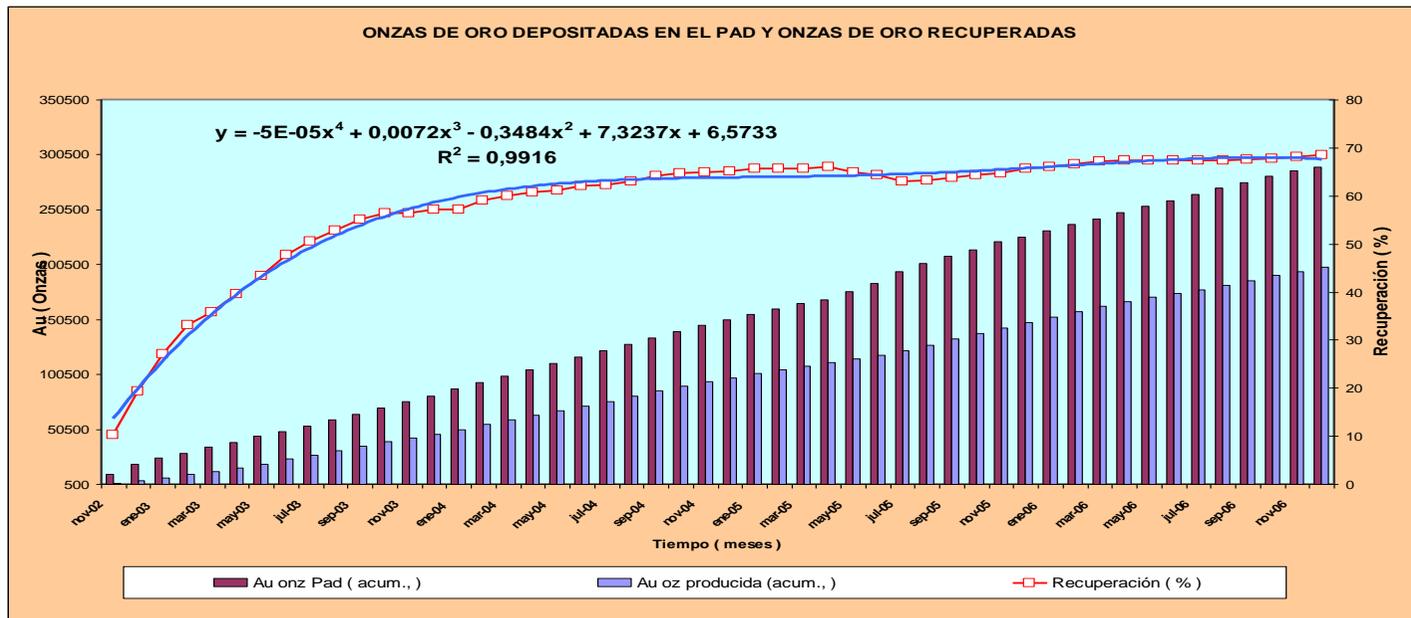


Grafico Nro. 33 Recuperación de Au a Nivel Industrial



CAPITULO XV

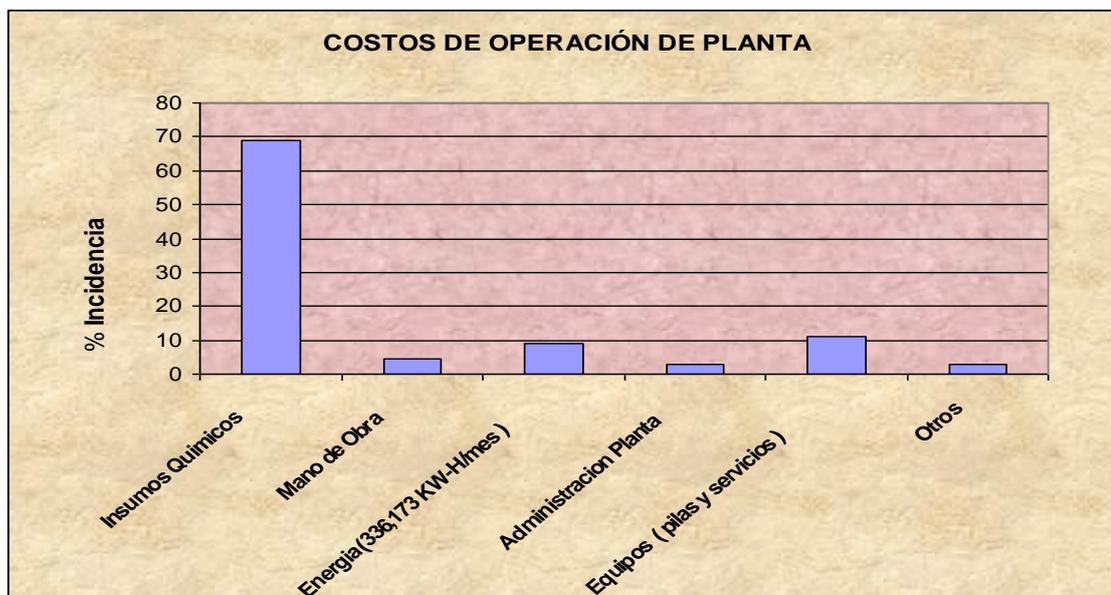
COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

Los costos de operación mensual de la planta se muestran en la tabla Nro. 41 y en el grafico Nro. 34 se muestra el % de incidencia de los costos en la planta.

Tabla Nro. 41

Descripción	US\$	US\$/gdeAu	US\$/onza de Au	% Incidencia
Insumos Químicos	165561,03	1,26	39,05	69,04
Mano de Obra	11020,34	0,08	2,60	4,60
Energía (336,173 Kw.-H/mes)	22135,12	0,17	5,22	9,23
Administración Planta	7277,54	0,06	1,72	3,03
Equipos (pilas y servicios)	26819,45	0,20	6,33	11,18
Otros	7000,00	0,05	1,65	2,92
Total	239813,48	1,82	56,56	100,00

Grafico Nro. 34



Del cuadro anterior el costo por onza producida en planta esta en promedio de 56 US\$ /Onza de Au.

Al mes se carga a la pila un promedio de 255000 TM de mineral por lo que se tendría un costo de 0.94 US\$/TM de mineral.

Los gastos de mayor incidencia se encuentran en los insumos químicos que representan el 69% de los costos totales, para disminuir los costos operativos se continúa con la optimización del consumo de reactivos químicos.

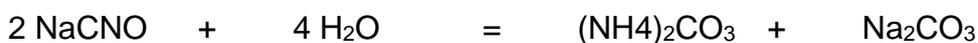
CAPITULO XVI

PLANTA DE DETOXIFICACIÓN DE SOLUCIONES CIANURADAS

El remanente de las soluciones cianuradas del proceso de lixiviación son almacenadas en la poza de grandes eventos de una capacidad de 72543m³, en los meses de muy fuerte precipitaciones se pone en operación la planta para detoxificar las soluciones cianuradas.

Según el EIA de la mina Quicay se utiliza como detoxificante el Hipoclorito de Calcio. Ca (OCI)₂ al 20%..

Según las siguientes reacciones:



Según las reacciones anteriores el Cianógeno es convertido a Amoniaco y Carbonato a pH de 11.

La solución barren a detoxificar proviene de los circuitos de adsorción, mediante una tubería de HDP de 4" alimenta al primer tanque de oxidación de la planta de detoxificación.

16.1 OPERACIÓN DE LA PLANTA.

Los compuestos cianurados son subproductos de la minería, que tiene el potencial de influir negativamente en los suelos, aguas superficiales y subterráneas, por lo tanto los efluentes que contienen cianuro no pueden ser liberados al ambiente sin antes pasar por un tratamiento que reduzca su contenido de cianuro a niveles permisibles.

Como se sabe, antes de descargar al medio receptor una solución cianurada se

requiere que las concentraciones estén por debajo del límite máximo permisible (< 1.0 mg/l de CNT y 0.1 mg/l de cianuro libre) establecido por la Legislación Ambiental del MEM.

El proceso se realiza tomando en consideración que solo se hará uso de la planta cuando se hay un exceso de solución en la poza de grandes eventos eventos en temporadas de máximas precipitaciones.

Antes de la preparación el personal utiliza los respectivos equipos de protección personal las operaciones son:

1.- Preparación del hipoclorito de calcio en el tanque de preparación de 1m³:

Se adiciona 22.5Kg. de Ca (ClO)₂ al tanque que contiene 990litros de agua, más 20 g de cal y se agita por un tiempo de ½ hora hasta disolver el hipoclorito.

2.- Mediante una tubería de HDPE de 4” proveniente de la planta con solución a detoxificar con flujo de 30m³/h de Solución Barren y un contenido promedio de 50 ppm de CN⁻ a detoxificar es descargada en el primer tanque de oxidación y luego por rebose pasa al segundo tanque de oxidación para ultimo ya detoxificada descargar en al poza de hidrólisis.

3.- Se adiciona la solución de Hipoclorito al primer y segundo tanque de oxidación a un flujo de 11L/ min. Adicionando también cal.

4.- El pH de solución detoxificada es 11.3. Y El resultado obtenido es de CNtotal es <0.005ppm, CN libre < 0.005ppm y CNWAD. Menor que 0.005 mucho menores que los establecidos por la ley de minera.

El Gasto promedio en la destrucción del cianuro es 417 gr. de Hipoclorito de calcio por metro cúbico de solución detoxificada.

En el grafico Nro. 35 se muestra el diagrama de flujo de la planta de detoxificacion de soluciones cianuradas.

5.1 COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE DETOXIFICACIÓN

En la tabla Nro. 42 se muestra los costos de operación de la planta de detoxificación.

Tabla Nro. 42

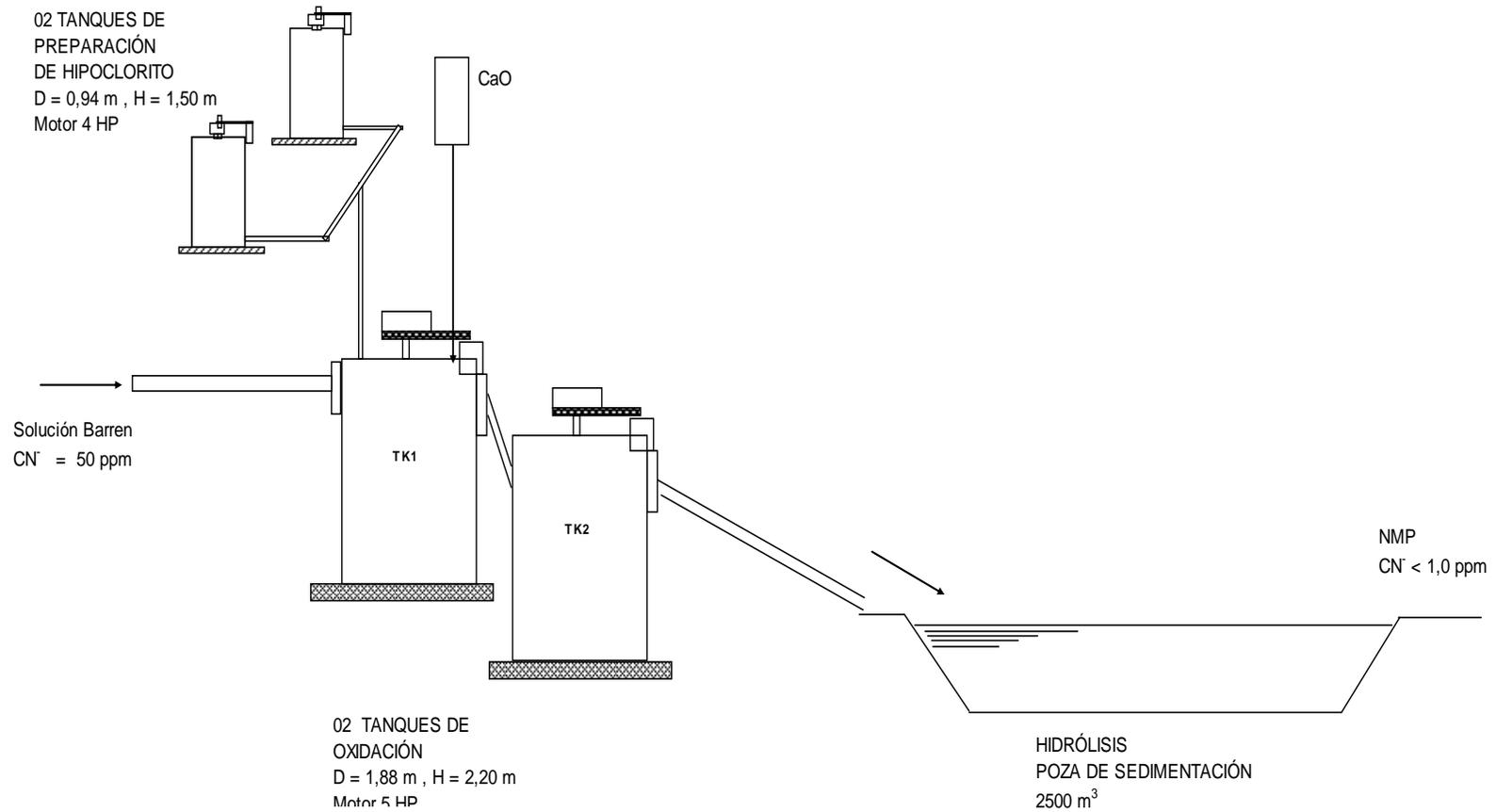
Operación de la Planta de Detoxificación

La solución a Detoxificar es Barren de los Circuitos de Adsorción

Capacidad de la planta	30 m ³ /hr
Ley de Au de la Solución Barren	0,02 ppm
Volumen total Detoxificado	10800 m ³
CN ⁻ en la solución barren	50 ppm
Consumo Hipoclorito de Calcio	4500 Kg.
Consumo de Cal	453 Kg.
CN ⁻ de la solución final detoxificado	0,005 ppm
Precio Hipoclorito de Calcio	2,063 US\$/Kg.
Precio Cal	0,129 US\$/Kg.
Precio Energía	0,064 US\$/kw - hr
Costo Total Hipoclorito de Calcio	9281,250 US\$
Costo Total Cal	58,465 US\$
Costo Total Energía	329,895 US\$
TOTAL	9669,610 US\$

Costo de Detoxificación por metro cúbico	0,90 US\$/m³
---	--------------------------------

Grafico Nro. 35 PLANTA DE DETOXIFICACIÓN DE 30m³/h



CAPITULO XVI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la operación de lixiviación en pilas se debe tener mucho cuidado en la forma de la construcción de la pila principalmente en la calidad del mineral que ingresa a la pila, se debe verificar que no ingrese material de una granulometría excesiva (bolones), material orgánico (top soil), ni material arcilloso (argilico) si hubiera arcilla se deberá realizar un blending entre el material grueso y el material arcilloso (dependiendo de la calidad de la arcilla) en la proporción de 2 a 1 para tener una buena percolación en la pila, se debe mantener constante la fuerza de cianuro con lo que se lixivía el mineral del Pad manteniendo un pH de 9.5 a 10.5 de tal manera de obtener una optima recuperación, además constantemente se tiene que estar construyendo áreas plastificadas (Pads) para no tener inconvenientes durante el carguio del mineral.
2. Con las ampliaciones del Pad de lixiviación, hubo un aumento en el flujo de solución que percolaba de la pila, por lo que se amplio la planta de adsorción, debido a esto se tuvo que aumentar el flujo de riego al Pad y se tuvo que adquirir una nueva bomba de lixiviación de mayor potencia, para la adquisición de la bomba se tiene que realizar un buen diseño de acuerdo a las características de la topografía del terreno y las condiciones de trabajo ya que estos equipos tienen altos gastos de adquisición y una mala selección pueden generar futuros problemas en la operación.
3. Con el proceso de desorción realizado en la mina hubo una gran reducción de los costos de operación de la planta en comparación con la desorción realizada en Lima, además hubo un menor manipuleo del carbón rico. Después de la instalación del circuito de desorción se continuó con la optimización llegando a reducir el tiempo de desorción hasta un promedio de 18 horas.
4. La construcción de los circuitos de adsorción Nro. 2 y 3, y la ampliación del circuito de desorción fueron construidos por la empresa en coordinación constante con la jefatura de planta, los costos de fabricación fueron menores a los ofertados por otros fabricantes.
5. El proceso de reactivación química es devolver las propiedades de adsorción al carbón activado, con la eliminación de los carbonatos y precipitados de calcio

en la superficie interior del carbón desorcionado, devolviendo la eficiencia de adsorción cuando sea retornado a las columnas de adsorción y con la reactivación térmica se alcanza las propiedades similares del carbón nuevo.

6. Con la aplicación de la isoterma de Freudlich en los circuitos de adsorción se puede predecir un estimado de la cantidad de oro que se va a cargar en las columnas y también la cantidad estimada de oro que se puede cargar si se aumenta una columna más en el circuito de adsorción.
7. Se cuenta con la planta de detoxificación de soluciones cianuradas (con Hipoclorito de Calcio) con una capacidad de $30\text{m}^3/\text{hr}$. que entra en operación cuando hay un exceso de solución debido a las precipitaciones, tiene un costo promedio de tratamiento de $0.9\text{ US\$/m}^3$ de solución detoxificada. Se están realizando las pruebas para cambiar el Hipoclorito de Calcio debido a que en los residuos puede quedar cloro residual y las clora minas que se forman por la acción del oxidante con el amoniaco en disolución. Se va a utilizar como detoxificante el Peroxido de Hidrogeno al 50% con el Sulfato de Cobre como catalizador debido a que es mas eficiente en la precipitación de los metales pesados, y en los residuos no presenta órganos clorados (cloro aminas), además tiene un menor costo de tratamiento, se utilizara las mismas instalaciones de la planta.
8. Conocer las hojas de seguridad de los reactivos químicos que son usados dentro del proceso ya que de esta manera podemos tener una contingencia dentro de algún evento inesperado.

BIBLIOGRAFIA

1. - METALURGIA DEL ORO

Fidel Sergio Misari Ch.

2. INTRODUCTION TO EVALUATION, DESIGN AND OPERATION OF
PRECIOUS METAL HEAP LEACHING PROJECTS.

Society of Mining Engineers Inc. Littleton, Colorado – 1988

Dirk J. A. Van Zyl, Ian P. E. Hutchison, Jean E. Kiel.

3.- APUNTES DE CLASE DE METALURGIA EXTRACTIVA

Ing. Yoplac Castromonte. UNI

4.- METALURGIA DEL ORO Y LA PLATA

Ing. Juan Vargas Gallardo

5.- INFORMES INTERNOS DE LA PLANTA DE QUICAY

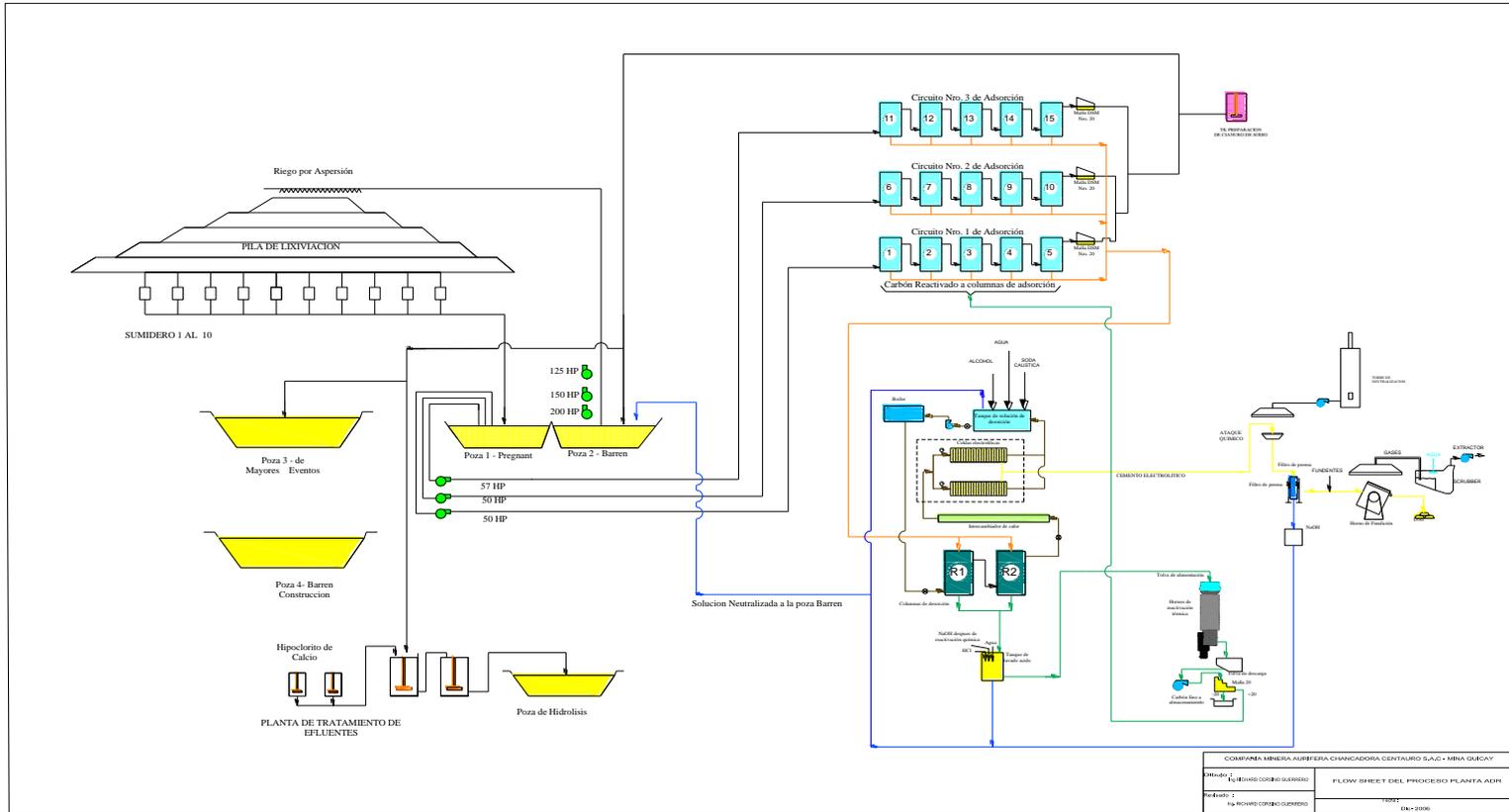
6.- HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES

Ing. Arturo Rocha

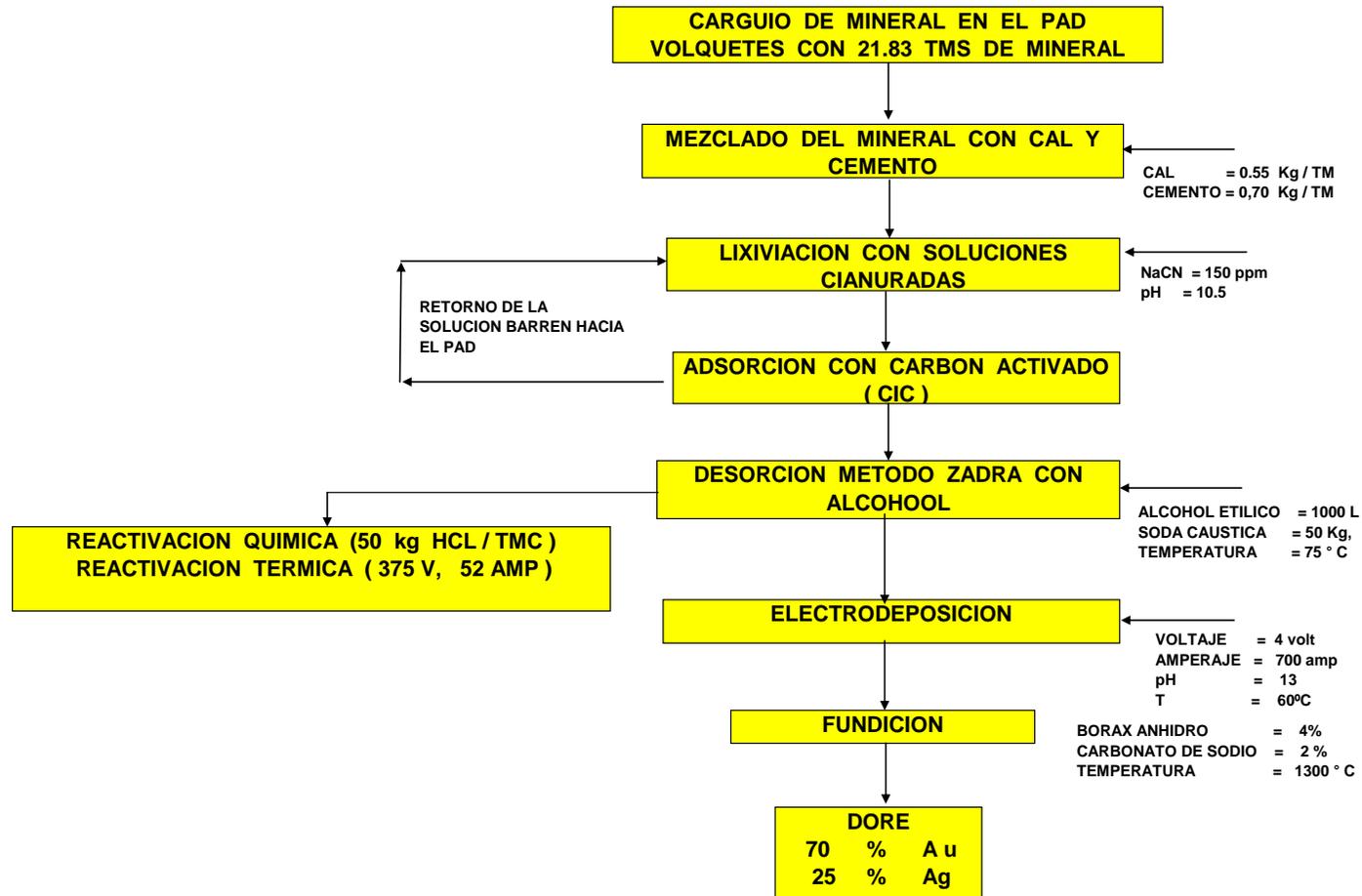
ANEXOS

- A. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO METALURGICO
- B. OPERACIONES METALURGICAS EN LA MINA QUICAY
- C. VISTA DE PERFIL DEL PAD Nro. 4 DE LIXIVIACIÓN
- D. VISTAS DE LA POZA Nro. 4
- E. PLANO DEL CIRCUITO DE ADSORCIÓN Nro. 3
- F. PLANO DE DISEÑO DEL REACTOR DE DESORCIÓN.
- G. VISTA ISOMETRICA DEL CIRCUITO DE DESORCIÓN A ALCOHOL
- H. DIAGRAMA DE FLUJO DE UN CIRCUITO DE DESORCIÓN A PRESIÓN
- I. CONSUMO DE ENERGIA DE LA PLANTA
- J. TABLA DE DATOS DE TUBERIAS DE HDPE
- K. HOJAS DE MSDS

ANEXO A

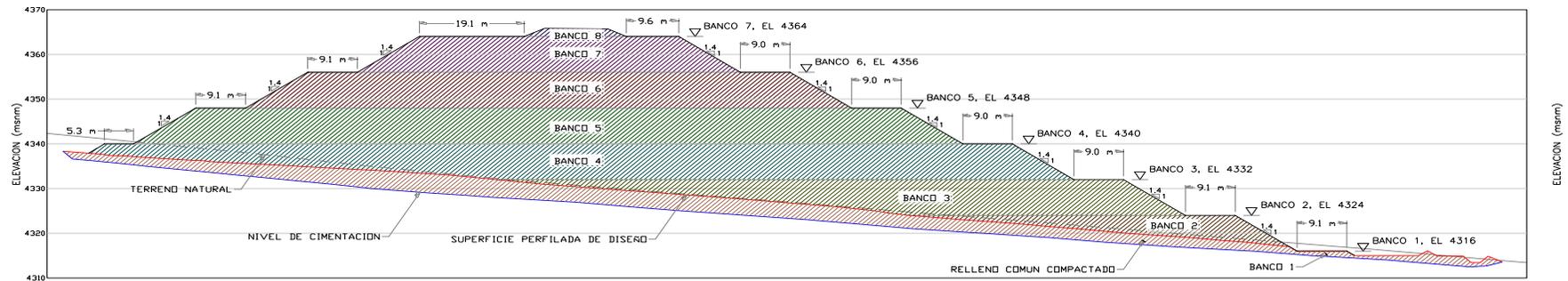


ANEXO B



ANEXO C

DISEÑO DEL PAD N ro. 4 de 7.1 Has

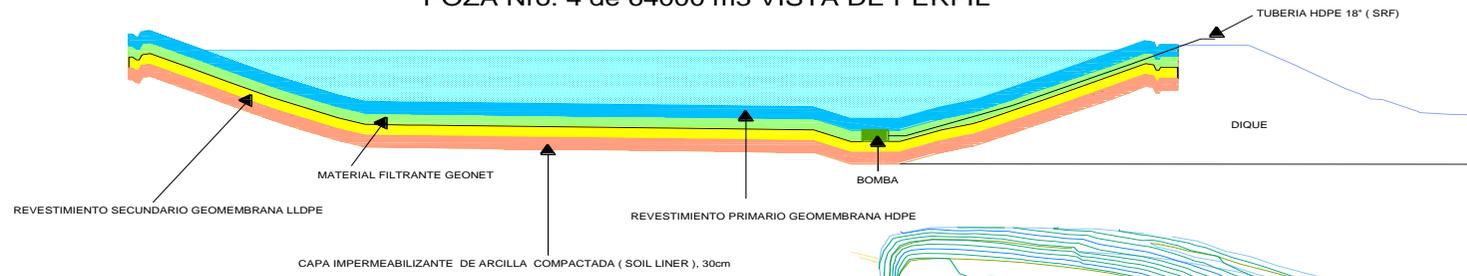


ESPECIFICACIONES

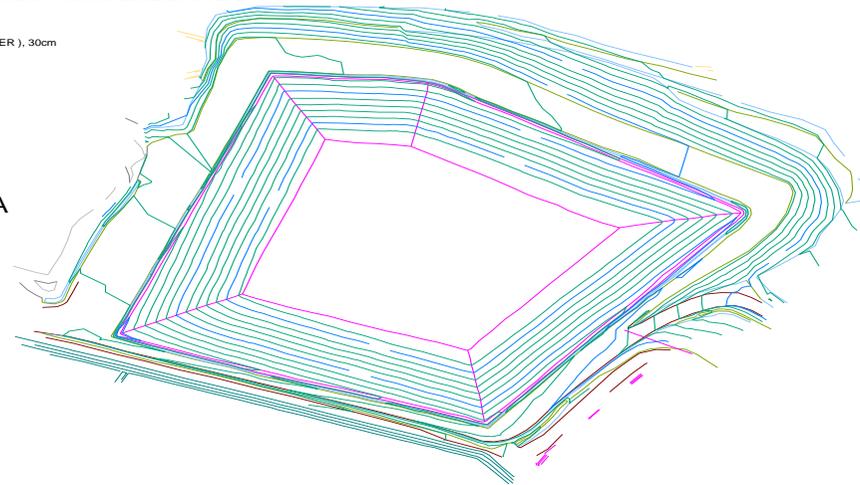
1. LA DISPOSICION DE ALMACENAMIENTO Y APILAMIENTO DE MINERAL CONSIDERA UN TALUD GENERAL DE 2.5H:1V, EMPLEANDO BANCOS DE 8.0 m DE ALTURA, 9.0 m DE ANCHO DE BERMA Y TALUD INTERMEDIO ENTRE BANCOS DE 1.4H:1V.
2. LOS BANCOS DE MINERAL TIENEN UNA ALTURA MEDIA DE 8.0 m.
3. LA DENSIDAD DE MINERAL EMPLEADA EN EL PLAN DE CARGUIO ES DE 1.7 Ton/m².
4. LAS COTAS MOSTRADAS DEL APILAMIENTO DE MINERAL SON APROXIMADAS Y REPRESENTAN EL NIVEL DEL BANCO DE MINERAL CONSOLIDADO.
5. LA CAPA INICIAL DE MINERAL A COLOCARSE POR ENCIMA DEL NIVEL DE LA SUPERFICIE PERFILADA DE DISEÑO DEBERA SER NO MENOR DE 2.0 m Y ESTAR COMPUESTA POR MINERAL SELECTO DE ALTA PERMEABILIDAD ($k > 1 \times 10^{-2}$ cm/seg).
6. LA MAXIMA DIFERENCIA DE ALTURAS ENTRE LA CRESTA FINAL DEL APILAMIENTO DE MINERAL Y LA GEOMEMBRANA NO DEBERA EXCEDER LOS 80.0 m.

ANEXO D

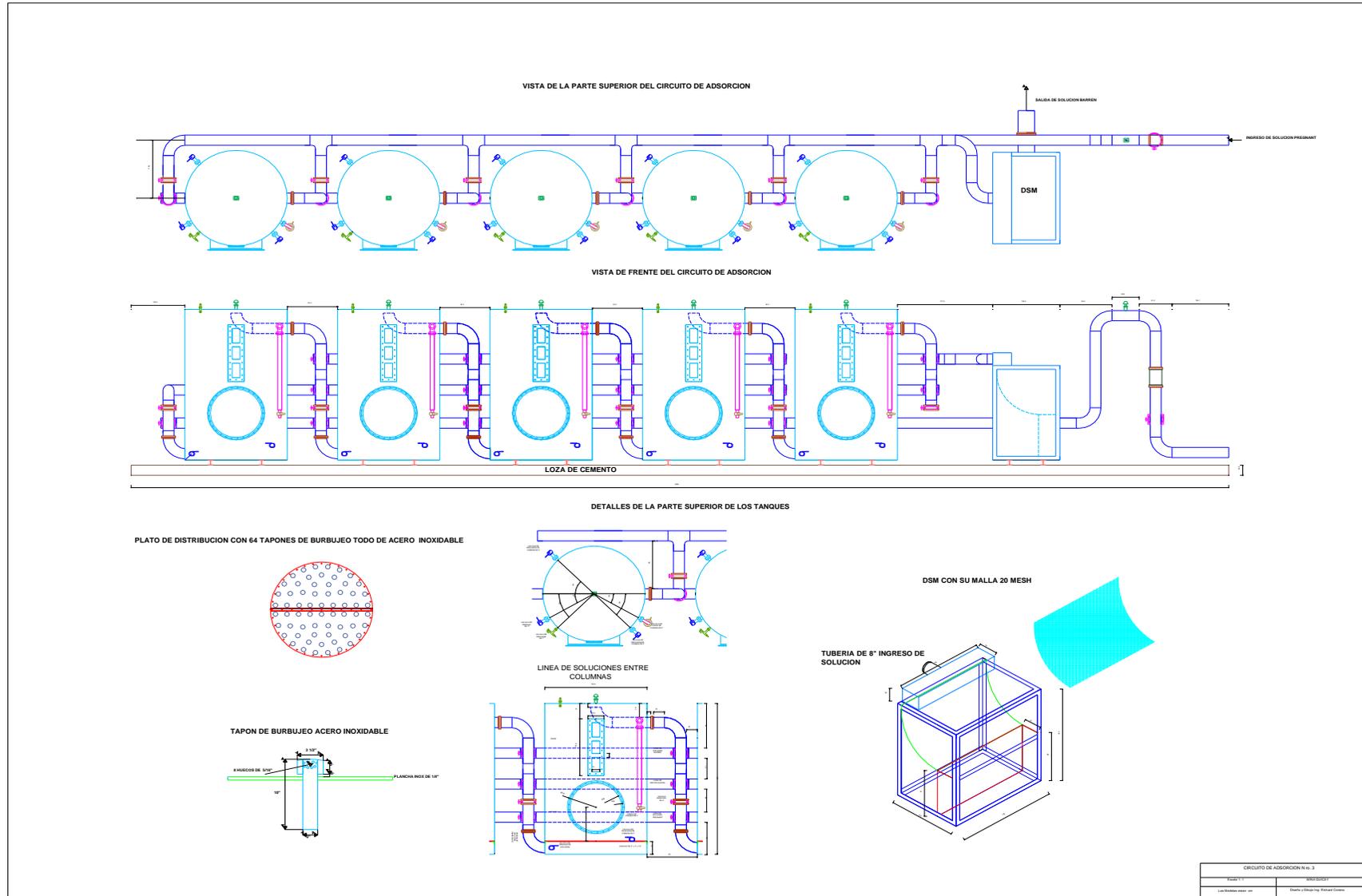
POZA Nro. 4 de 64000 m3 VISTA DE PERFIL



POZA Nro. 4 de 64000 m3 VISTA DE PLANTA

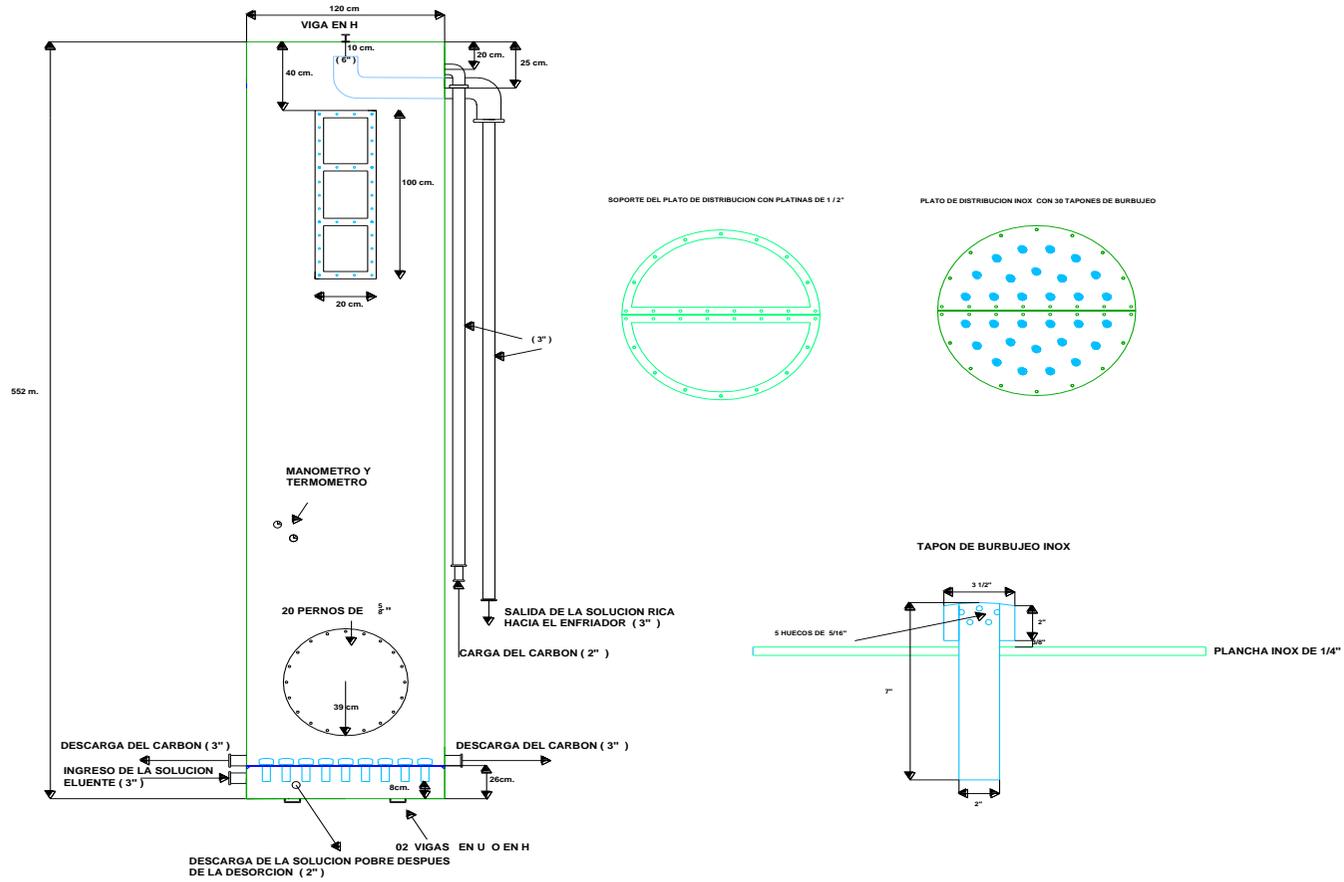


ANEXO E

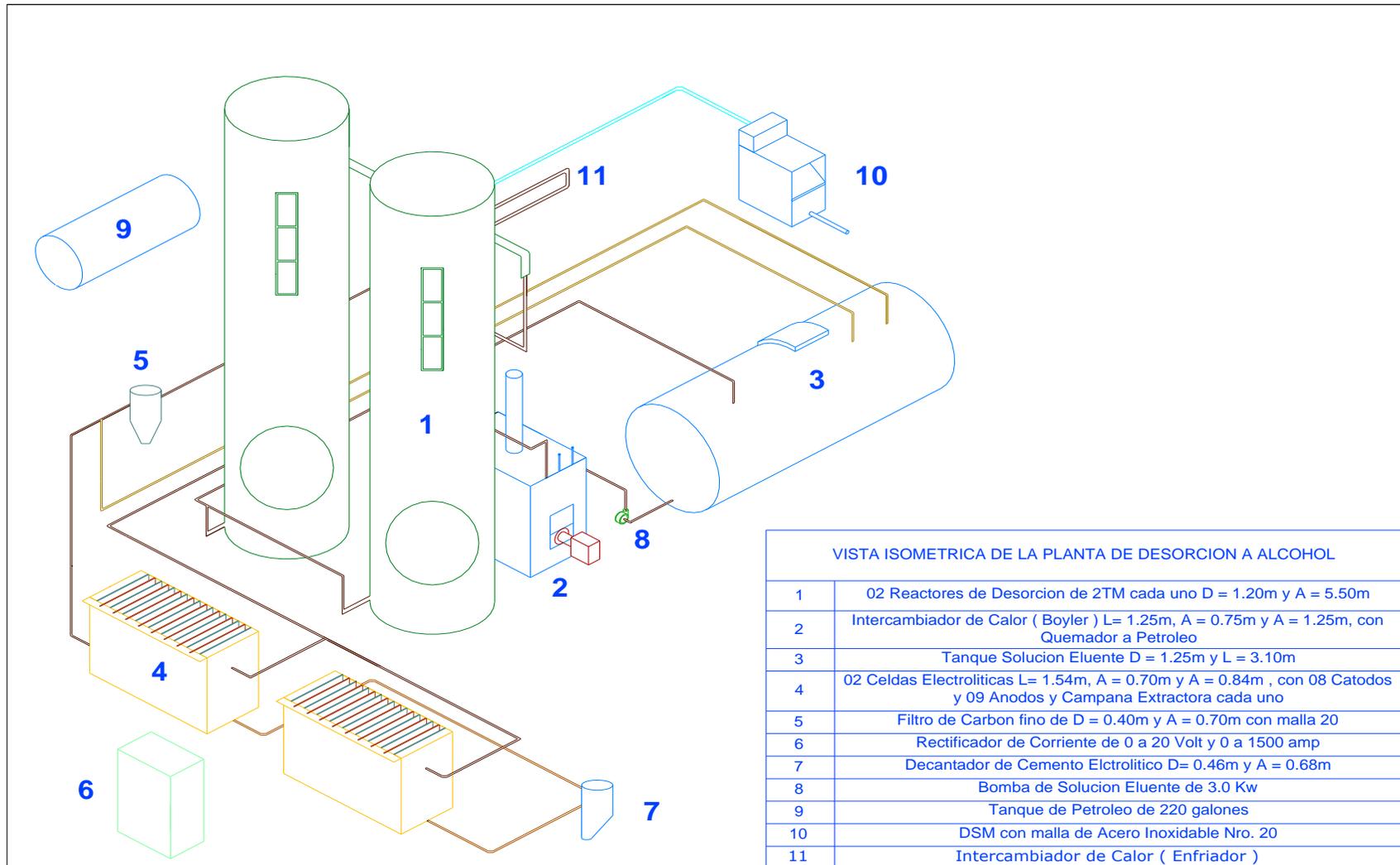


ANEXO F

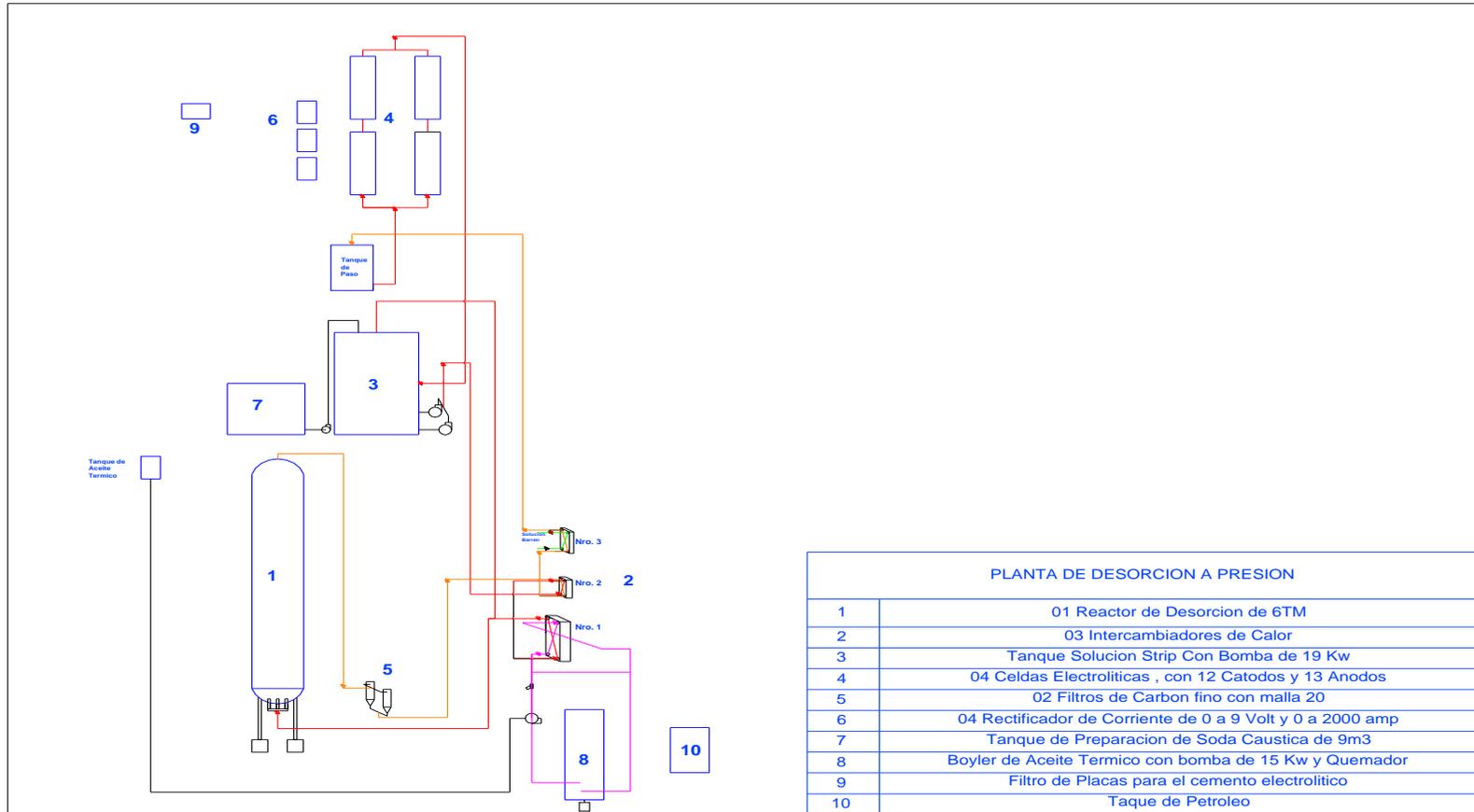
REACTOR DE DESORCIÓN 2000 kg CARBÓN ACTIVADO



ANEXO G



ANEXO H



ANEXO I

EQUIPOS EN PLANTA		
EQUIPOS	POTENCIA	
LIXIVIACION	HP	KW
Bomba de Turbina Vertical Flow Serve	200,0	148,7
Bomba de Turbina Vertical Flow Serve	125,0	92,9
Bomba de Turbina Vertical Flow Serve	300,0	223,0
Bomba Horizontal Hidrostral	150,0	111,5
Bomba Sumergible Grindex	22,0	12,0
Bomba Peristaltica		0,0
Bomba Peristaltica		0,0
Flujometro N ro, 4, 5, 6 y 7		2,4
Tanque Acondicionador de Cianuro de Sodio de 1,90 x 2,20 mt,	5,0	3,7
ADSORCION		
Bomba de Turbina Vertical Flow Serve Circuito N ro, 1	50,0	37,2
Bomba Sumergible Tsurumi Circuito N ro, 2	60,0	44,6
Bomba Sumergible Flygt Circuito N ro, 3	57,0	42,4
Bomba Horizontal (trasvase de carbon) Sterling Nowa	30,0	22,3
Flujometro N ro,1, 2 y 3		1,8
DESORCIÓN Y ELCTRODEPOSICION		
Quemador Diesel Carlin	0,3	0,2
Bomba Horizontal Hidrostral	4,0	3,0
Rectificador de Corriente	9,8	7,3
Flujometro N ro, 8 y 9		1,2
Campana Extractora N ro, 1	5,0	3,7
Campana Extractora N ro, 2	5,0	3,7
FUNDICION		
Extractor de Gases - Horno de Fundicion	7,4	5,5
Extractor de Gases - Ataque Quimico	7,4	5,5
Comprensora de Aire	5,0	3,7
Quemador Diesel Carlin	0,3	0,2
Balanza Electronica Mettler Toledo	3,1	2,3
REACTIVACION TERMICA		
Horno Vertical de Reactivacion Termica Minfur		67,0
Vibrador de Descarga		0,6
Extractor - Presecador		0,6
Zaranda Vibratoria 2' x 4'	1,0	0,7
Bomba Horizontal Hidrostral	11,5	8,6
PLANTA DE DETOXIFICACION DE SOLUCIONES CIANURADAS		
Agitador de 0,94 mt x 1,5 mt. (Preparacion de Hipoclorito de Calcio) 2 Unid,	8	11,9
Agitador de 1,88 mt x 2,2 mt. (Tanques de Oxidacion) 2 Unid,	10	7,4
OTROS		
Maquina de Soldar	0,7	1,0
Alumbrado de Planta	1,3	1,9
TOTAL DE ENERGIA	1078,8	878,8

ANEXO J

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA HDPE NORMA ISO 4427

DIAMETRO EXTERIOR	Tuberías con esfuerzo de diseño ⁽¹⁾ de 63 Bar (914 PSI) (PE 80)										Tuberías con esfuerzo de diseño ⁽¹⁾ de 80 Bar (1160 PSI) (PE 100)					
	(PN6) SDR 21 6 Bar (87 PSI) ⁽¹⁾		(PN8) SDR 17 8 Bar (116 PSI) ⁽¹⁾		(PN10) SDR 13.6 10 Bar (145 PSI) ⁽¹⁾		(PN12.5) SDR 11 12.5 Bar (181 PSI) ⁽¹⁾		(PN16) SDR 9 16 Bar (232 PSI) ⁽¹⁾		(PN10) SDR 17 10 Bar (145 PSI) ⁽¹⁾		(PN12.5) SDR 13.6 12.5 Bar (181 PSI) ⁽¹⁾		(PN16) SDR 11 16 Bar (232 PSI) ⁽¹⁾	
	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾	Esesor ⁽²⁾ (mm)	Peso (Kg/m) ⁽²⁾
16	-	-	-	-	-	-	-	2.3	0.10	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	2.3	0.13	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	2.3	0.17	0.20	-	-	-	-	-	-	
32	-	-	-	-	-	-	3.0	0.28	0.33	-	-	-	-	3.0	0.28	
40	-	-	-	-	-	-	3.7	0.43	0.51	-	-	-	-	3.7	0.43	
50	-	-	-	-	-	-	4.6	0.67	0.80	-	-	-	-	4.6	0.67	
63	-	-	-	-	4.7	0.88	5.8	1.06	1.27	-	-	4.7	0.88	5.8	1.07	
75	-	4.5	1.01	5.6	1.24	6.8	1.48	8.4	1.79	4.5	1.02	5.6	1.25	6.8	1.49	
90	4.3	1.18	5.4	1.46	6.7	1.79	8.2	2.15	10.1	2.58	5.4	1.47	6.7	1.79	8.2	2.15
110	5.3	1.77	6.6	2.18	8.1	2.64	10.0	3.20	12.3	3.84	6.6	2.19	8.1	2.65	10.0	3.21
125	6.0	2.28	7.4	2.78	9.2	3.41	11.4	4.14	14.0	4.97	7.4	2.79	9.2	3.42	11.4	4.16
140	6.7	2.85	8.3	3.49	10.3	4.27	12.7	5.17	15.7	6.24	8.3	3.51	10.3	4.29	12.7	5.19
160	7.7	3.75	9.5	4.57	11.8	5.59	14.6	6.79	17.9	8.13	9.5	4.59	11.8	5.61	14.6	6.81
180	8.6	4.71	10.7	5.79	13.3	7.09	16.4	8.57	20.1	10.27	10.7	5.81	13.3	7.11	16.4	8.61
200	9.6	5.84	11.9	7.15	14.7	8.71	18.2	10.58	22.4	12.72	11.9	7.18	14.7	8.74	18.2	10.62
225	10.8	7.39	13.4	9.06	16.6	11.06	20.5	13.40	25.2	16.09	13.4	9.10	16.6	11.10	20.5	13.45
250	11.9	9.05	14.8	11.12	18.4	13.62	22.7	16.49	27.9	19.81	14.8	11.17	18.4	13.68	22.7	16.56
280	13.4	11.41	16.6	13.97	20.6	17.08	25.4	20.67	31.3	24.88	16.6	14.03	20.6	17.15	25.4	20.75
315	15.0	14.38	18.7	17.71	23.2	21.64	28.6	26.18	35.2	31.48	18.7	17.78	23.2	21.73	28.6	26.29
355	16.9	18.26	21.1	22.51	26.1	27.43	32.2	33.22	39.7	40.01	21.1	22.61	26.1	27.55	32.2	33.36
400	19.1	23.25	23.7	28.50	29.4	34.82	36.3	42.19	44.7	50.76	23.7	28.62	29.4	34.97	36.3	42.37
450	21.5	29.44	26.7	36.12	33.1	44.10	40.9	53.48	50.3	64.27	26.7	36.27	33.1	44.29	40.9	53.70
500	23.9	36.36	29.7	44.63	36.8	54.47	45.4	65.96	55.8	79.23	29.7	44.82	36.8	54.70	45.4	66.24
560	26.7	45.50	33.2	55.89	41.2	68.30	50.8	82.67	-	-	33.2	56.12	41.2	68.59	50.8	83.02
630	30.0	57.52	37.4	70.82	46.3	86.37	57.2	104.72	-	-	37.4	71.12	46.3	86.73	57.2	105.16

⁽¹⁾ Presión nominal (PN) corresponde a la máxima presión operativa permisible P_{max} expresada en bar, del tubo a 20°C.
⁽²⁾ Factor de conversión de peso por unidad de longitud de la tubería: 1 Kg/metro = 0.6714 Lb/pie.
⁽³⁾ Esesor mínimo exigido por la norma NTP ISO 4427.
⁽⁴⁾ Esfuerzo de diseño de un tubo (σ_d) se refiere a la relación $\sigma_d = MRR / C$, donde MRR es la Mínima Resistencia Requerida del HDPE y C el coeficiente de diseño que depende de la temperatura, condiciones operativas y las condiciones ambientales.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL HDPE (MATERIA PRIMA) PARA TUBERÍAS FABRICADAS BAJO NORMA NTP ISO 4427

Al igual que la ASTM, las normas ISO también exigen requisitos para la materia prima a utilizar. En este caso el material o compuesto se designa en categorías de acuerdo a su MRR (Mínima Resistencia Requerida a 20°C para que la tubería tenga una duración de 50 años). AMANCO fabrica sus tuberías de HDPE con las dos categorías mas altas PE 100 y PE 80, cuyos requisitos se exponen a continuación:

Designación de la Materia Prima	Mpa ⁽¹⁾ (PSI)		Esfuerzo de ensayo según NTP ISO 4427 Mpa ⁽¹⁾ (PSI)			
	MRR a 50 años y 20°C	Máximo esfuerzo permisible de diseño hidrostático (σ_h) ⁽²⁾	100 horas a 20°C	165 horas a 80°C	1000 horas a 80°C	1 hora a 20°C
PE 100	10.0 (1,450)	8.0 (1,160)	12.4 (1,798)	5.5 (797)	5.0 (725)	14.0 (2,030)
PE 80	8.0 (1,160)	6.3 (914)	9.0 (1,305)	4.6 (667)	4.0 (580)	11.3 (1,638)

⁽¹⁾ 1 Mpa = 10 bares.
⁽²⁾ $\sigma_h = MRR / C$ donde C es un coeficiente de diseño que varía de acuerdo a las condiciones operativas, ambientales y temperatura. En este caso para agua a 20°C se a tomado el valor de 1.25. Para otras condiciones operativa σ_h puede variar significativamente por lo cual consultar a nuestro departamento técnico.

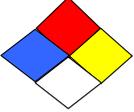
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA HDPE (NTP - ITINTEC 399.067)

DIAMETRO NOMINAL (Pulg)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	Clase 5.0 72 PSI (5 Bar)		Clase 7.5 109 PSI (7.5 Bar)		Clase 10 145 PSI (10 Bar)	
		Esesor ⁽¹⁾ (mm)	Peso ⁽²⁾ (Kg/m)	Esesor ⁽¹⁾ (mm)	Peso ⁽²⁾ (Kg/m)	Esesor ⁽¹⁾ (mm)	Peso ⁽²⁾ (Kg/m)
2	63	3.0	0.58	4.4	0.82	5.8	1.06
2 1/2"	75	3.6	0.82	5.3	1.18	6.8	1.48
3	90	4.3	1.18	6.3	1.69	8.2	2.15
4	110	5.2	1.74	7.7	2.52	10.0	3.20
6	160	7.6	3.70	11.2	5.33	14.6	6.79
8	200	9.5	5.78	14.0	8.32	18.2	10.58
10	250	11.9	9.05	17.5	13.00	22.7	16.49
12	315	15.0	14.38	22.0	20.60	28.6	26.18
14	355	16.9	18.26	24.8	26.17	32.2	33.22
16	400	19.0	23.13	27.9	33.18	36.3	42.19
18	450	21.4	29.31	31.4	42.01	40.9	53.48
20	500	23.8	36.21	34.9	51.87	45.4	65.96
24	630	30.0	57.52	44.0	82.40	57.2	104.72

La materia prima a utilizar según la norma técnica es un polietileno PE63. AMANCO utiliza PE80, el cual excede los requisitos de esta norma.
⁽¹⁾ Esesor mínimo exigido por la norma NTP ITINTEC 399.067.
⁽²⁾ Factor de conversión de peso por unidad de longitud de la tubería: 1 Kg/metro = 0.6714 Lb/pie.

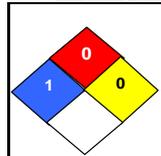


ANEXO K

HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD																							
		Nombre del Producto o Químico, (Sinónimos)																					
		Cal Oxido de Cal (CaO)																					
		NUMERO : 047 Nº NU: 1910																					
		Uso: Para uso de Neutralización																					
		SEYMA																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COLOR</th> <th style="width: 15%;">VALOR</th> <th style="width: 50%;">LEYENDA</th> <th style="width: 20%;">NFPA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Rojo</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>Inflamable :</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Azul</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>Salud :</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Amarillo</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>Reactividad :</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Blanco</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>Peligro Especifico: -</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	COLOR	VALOR	LEYENDA	NFPA	Rojo	-	Inflamable :	2	Azul	-	Salud :	2	Amarillo	-	Reactividad :	1	Blanco	-	Peligro Especifico: -	-	INFORMACION TECNICA		
COLOR	VALOR	LEYENDA	NFPA																				
Rojo	-	Inflamable :	2																				
Azul	-	Salud :	2																				
Amarillo	-	Reactividad :	1																				
Blanco	-	Peligro Especifico: -	-																				
ALMACENAMIENTO			EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL																				
Almacenar en lugar seco y fresco, evitar que se junte con agua pues reacciona violentamente y genera calor suficiente que puede encender material combustible, evitar almacenar con ácidos y combustibles (madera, cartón, papel). No almacenar con alimentos.			INHALACION: Respirador para partículas nocivas, filtro P2. PIEL: Use guantes de nitrilo para las manos y mameluco. OJOS: Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria. PIES: Botas de jebe de caña alta																				
PRIMEROS AUXILIOS			FUEGO Y EXPLOSIÓN																				
INHALACION: Sensación de quemazón en la nariz y garganta, tos, jadeo. Aire limpio reposo y someter a lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico OJOS: Enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico PIEL: Enrojecimiento quemaduras cutáneas, sensación de quemazón dolor. Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y solicitar atención médica INGESTION: Calambres abdominales, dolor abdominal, sensación de quemazón en la boca, garganta y esófago, diarrea, vómitos, colapso. Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. NO dar nada de beber y someter a atención médica.			No combustible. En caso de incendio en el entorno están permitidos todos los agentes extintores. No aplicar de manera directa agua. Los bomberos deberían implementar indumentaria de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración.																				
FUGAS O DERRAMES			DATOS TOXICOLÓGICOS																				
<ul style="list-style-type: none"> • Barrer la sustancia derramada. • Introducir la sustancia en un recipiente seco y después limpiar la zona con descarga abundante de agua. • Usar protección personal adicional: respirador de filtro P2 para partículas nocivas. 			TOXICIDAD POR INHALACIÓN: No Tóxico IRRITACIÓN DE LOS OJOS: Irritante. IRRITACIÓN DE LA PIEL: Irritante.																				
LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS																							
PELIGRO DE LA SALUD / RIESGO		PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO																					
0.- Materia Normal / Mínimo 1.- Ligero Peligroso / Leve 2.- Peligroso / Moderado 3.- Extremo Peligroso / Alto 4.- Mortal / Severo		0.- No Arden / Mínimo 1.- Arriba de 93.3°C / Ligero 2.- Arriba de 37.8°C / Moderado 3.- Arriba de 23°C / Alto 4.- Debajo de 23°C / Severo																					
PELIGRO ESPECIFICO		PELIGRO REACTIVIDAD / RIESGO																					
Oxidante OXY Ácido ACID Alcalino ALK Corrosivo COR No Use Agua $\frac{W}{A}$ Peligro Radiación $\frac{A}{R}$	0.- Estable / Mínimo 1.- Inestable con el Calor / Ligero 2.- Cambios Químicos Violentos Sin Estallar / Moderado 3.- Puede Explotar con Calor o Choque / Alto 4.- Puede Explotar A Tº y Presión Ambiente / Severo																						



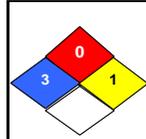
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD



Nombre del Producto o Químico, (Sinónimos)			MSDS N° : 010	
CEMENTO			N° NU: No disponible	
CLINKER DE CEMENTO PORTLAND PARA TIPO I, II, III, y V			Uso: Construcciones SEYMA	
COLOR	VALOR	LEYENDA	NFPA	INFORMACIÓN TÉCNICA
Rojo	0	Inflamable : No Arden / Mínimo	1	Gravedad Específica : (H ₂ O=1)3.15
Azul	1	Salud : Ligero Peligroso / Leve	1	Punto de Ebullición : No aplicable.
Amarillo	0	Reactividad : Estable / Mínimo	1	Punto de Fusión : No aplicable
Blanco	-	Peligro Específico : -		Punto de inflamación : No es combustible ni explosivo.
ALMACENAJE			EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
<p>ALMACENAJE: Mantener en zonas secas, es un producto estable. El polvo de aluminio y otros álcalis y elementos alcalinos de la tierra reaccionan con el mortero mojado o concreto liberando gas hidrógeno. El cemento es altamente alcalino y va a reaccionar con los ácidos produciendo una violenta reacción generadora de calor. Gases o vapores tóxicos pueden emanar dependiendo de los ácidos involucrados</p>			<p>PROTECCIÓN RESPIRATORIA: Respirador para filtrar el polvo aprobado por MSHA / NIOSH</p> <p>PROTECCIÓN PARA LOS OJOS: Lentes Goggles.</p> <p>PROTECCIÓN PARA LAS MANOS: Guantes impermeables.</p> <p>PROTECCION PARA LOS PIES: Botas de jebes impermeables de caña alta.</p>	
PRIMEROS AUXILIOS			FUEGO Y EXPLOSIÓN	
<p>INHALACIÓN: Puede causar irritación al las zonas interiores de la nariz. Irrita el sistema respiratorio superior. La exposición de sílice cristalino respirable si uso de respirador, puede causar silicosis y puede agravar otras condiciones pulmonares.</p> <p>CONTACTO CON LOS OJOS: Puede producir quemaduras graves en los ojos y afectar de manera directa a la córnea. Lave inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos y brinde asistencia médica.</p> <p>CONTACTO CON LA PIEL: Los individuos hipersensibles pueden desarrollar una dermatitis alérgica. Lave las áreas de la piel expuestas con agua y jabón.</p>			<p>No inflamable, en caso de incendio utilice todos los medios de extinción. No es explosivo.</p>	
FUGAS O DERRAMES			DATOS TOXICOLÓGICOS	
<p>No se requiere procedimientos especiales de emergencias. Utilizar los equipos de protección personal recomendados Proceder a la limpieza en seco del derrame evitando dispersar el polvo. No respirar el polvo, si protección respiratoria. De no encontrarse contaminado las pequeñas cantidades derramadas pueden regresarse al depósito.</p>			<p>TOXICIDAD POR INHALACIÓN: Tóxico</p> <p>IRRITACIÓN DE LOS OJOS: Irritante</p> <p>TOXIDAD DERMICA : Quemaduras cáusticas leves o severas.</p>	
LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS				
PELIGRO DE LA SALUD / RIESGO			PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO	
<p>0.- Materia Normal / Mínimo 1.- Ligero Peligroso / Leve 2.- Peligroso / Moderado 3.- Extremo Peligroso / Alto 4.- Mortal / Severo</p>			<p>0.- No Arden / Mínimo 1.- Arriba de 93.3°C / Ligero 2.- Arriba de 37.8°C / Moderado 3.- Arriba de 23°C / Alto 4.- Debajo de 23°C / Severo</p>	
PELIGRO ESPECIFICO			PELIGRO REACTIVIDAD / RIESGO	
<p>Oxidante OXY Ácido ACID Alcalino ALK Corrosivo COR No Use Agua W Peligro Radiación X</p>			<p>0.- Estable / Mínimo 1.- Inestable con el Calor / Ligero 2.- Cambios Químicos Violentos Sin Estallar / Moderado 3.- Puede Explotar con Calor o Choque / Alto 4.- Puede Explotar A T^o y Presión Ambiente / Severo</p>	



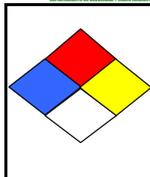
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD



Nombre del Producto o Químico, (Sinónimos)			MSDS N° : 011	
CIANURO DE SODIO			N° NU: 1689	
Sal Sódica del Ácido Cianhídrico (NaCN)			Uso: Para Proceso de Lixiviación por Cianuración. SEYMA	
COLOR	VALOR	LEYENDA	NFPA	INFORMACIÓN TÉCNICA
Rojo	0	Inflamable : No Arden / Mínimo	1	Estado Físico: Sólido blanco, granular, briquetas.pH: 11,3 – 11,7
Azul	3	Salud : Extremo Peligroso/Alto	3	Punto de Ebullición: 1496 °C
Amarillo	1	Reactividad : Inestable con el calor/ Ligero	1	Punto de Fusión: 564°C
Blanco	-	Peligro Especifico: -	-	Solubilidad en agua: 37WT%20°C (68°F)
ALMACENAMIENTO			EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
<p>Almacenar en lugar seco y fresco, evitar que se junte con agua pues se produce reacción generadora de gases altamente venenosos, nunca almacenar con oxidantes fuertes, ácidos y líquidos en general, alimentos, dióxido de carbono. Almacenar en lugar seguro, bajo llave. EL OLOR A CEREZAS INDICA QUE ESTA REACCIONANDO. EVACUE EL LUGAR Y REPORTE.</p>			<p>INHALACION: Respirador para partículas nocivas, así como otro en caso de concentraciones de riesgo; ante altas concentraciones use equipo de aire auto contenido,</p> <p>PIEL: Use guantes de nitrilo para las manos y mameluco químico, para derrames severos utilizar el traje de protección completo.</p> <p>OJOS: Gafas ajustadas de seguridad o protección facial completa combinada con sistema de respiración autónoma</p> <p>PIES: Botas de jébe de caña alta.</p>	
PRIMEROS AUXILIOS			FUEGO Y EXPLOSIÓN	
<p>INHALACIÓN: Confusión mental, convulsiones, vértigo, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, náuseas, vómitos, pérdida del conocimiento. Debilidad, asfixia, ansiedad, ritmo cardíaco irregular, opresión en el pecho, son otros síntomas. Proporcionar aire limpio, reposo, respiración artificial en caso de inconciencia aplicar ampollas nitrato de amilo y brindar asistencia médica</p> <p>OJOS: Enrojecimiento. Lavar con abundante agua, proporcionar asistencia médica.</p> <p>PIEL: Enrojecimiento (mayor detalle en inhalación). Si el trabajador esta inconsciente se debe administrar oxígeno y nitrato de amilo. Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón durante 5 minutos y proporcionar asistencia médica. Utilizar guantes protectores cuando se presten primeros auxilios.</p> <p>INGESTIÓN: Salivación, calambres abdominales, sensación de quemazón (mayor detalle en inhalación). Si hay pérdida de conciencia administrar de manera inmediata un preparado de agua con carbón. No haga tragar nada por la boca administre oxígeno y proporcionar asistencia médica.</p>			<p>No combustible, pero produce gas inflamable en contacto con agua o aire húmedo. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. En contacto con oxidantes fuertes puede generar incendio y explosión. NO USE AGUA, NO USE CO₂, o polvo usar obligatoriamente equipo de aire autocontenido, evitar que el agua llegue al sistema de drenaje. Combatir el fuego desde un lugar protegido.</p>	
FUGAS O DERRAMES			DATOS TOXICOLÓGICOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Consultar a un experto. • SEGUIR SOLO SI HA SIDO ENTRENADO, CASO CONTRARIO AVISAR, EL CIANURO MATA. • De ser sólido, barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, precintable y etiquetado. • Cuando sea seguro eliminar la fuente de la fuga o derrame, confinar y aislar el derrame • De ser solución use HIPOCLORITO DE SODIO o CALCIO para neutralizar y evitar formación de gas. • Neutralizar cuidadosamente el residuo con agua que contenga alguna sustancia alcalina tal como, el carbonato sódico, o hipoclorito de sodio, eliminarlo a continuación con agua abundante. • El agua utilizada debe ser recolectada y llevada a un área de detoxificación. 			<p>TOXICIDAD POR INHALACIÓN: Tóxico</p> <p>IRRITACIÓN DE LOS OJOS: Irritante.</p> <p>IRRITACIÓN DE LA PIEL: Irritante.</p>	
LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS				
PELIGRO DE LA SALUD / RIESGO			PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO	
<p>0.- Materia Normal / Mínimo</p> <p>1.- Ligero Peligroso / Leve</p> <p>2.- Peligroso / Moderado</p> <p>3.- Extremo Peligroso / Alto</p> <p>4.- Mortal / Severo</p>			<p>0.- No Arden / Mínimo</p> <p>1.- Arriba de 93.3°C / Ligero</p> <p>2.- Arriba de 37.8°C / Moderado</p> <p>3.- Arriba de 23°C / Alto</p> <p>4.- Debajo de 23°C / Severo</p>	
PELIGRO ESPECIFICO			PELIGRO REACTIVIDAD / RIESGO	
Oxidante	OXY		0.- Estable / Mínimo	
Ácido	ACID		1.- Inestable con el Calor / Ligero	
Alcalino	ALK		2.- Cambios Químicos Violentos Sin Estallar / Moderado	
Corrosivo	COR		3.- Puede Explotar con Calor o Choque / Alto	
No Use Agua	W-		4.- Puede Explotar A Tª y Presión Ambiente / Severo	
Peligro Radiación	R			

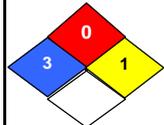


HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD



Nombre del Producto o Químico, (Sinónimos) HIDROXIDO DE SODIO(SOSA CAUSTICA) Sosa (NaOH)			MSDS N° : 053 Nº NU: 1823 USO: Preparación de solución estándares usados en absorción atómica (Ph)														
LEYENDA			INFORMACIÓN TÉCNICA														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>COLOR</th> <th>VALOR</th> <th>LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rojo</td> <td>-</td> <td>Inflamable :</td> </tr> <tr> <td>Azul</td> <td>-</td> <td>Salud :</td> </tr> <tr> <td>Amarillo</td> <td>-</td> <td>Reactividad :</td> </tr> <tr> <td>Blanco</td> <td>-</td> <td>Peligro Especifico:</td> </tr> </tbody> </table>	COLOR	VALOR	LEYENDA	Rojo	-	Inflamable :	Azul	-	Salud :	Amarillo	-	Reactividad :	Blanco	-	Peligro Especifico:	NFPA 	Estado Físico: Sólido blanco, deliquescente en diversas formas. Punto de Ebullición: 1390° C Solubilidad en Agua: 109g/ 100ml a 20° C
COLOR	VALOR	LEYENDA															
Rojo	-	Inflamable :															
Azul	-	Salud :															
Amarillo	-	Reactividad :															
Blanco	-	Peligro Especifico:															
MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, agua, daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente.			EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL INHALACION: Respirador contra gases y vapores. PIEL: Use guantes de neopreno, nitrilo o vinilo para las manos y mameluco con tela reflexiva ante derrames severos. Mantener buena ventilación, los gases en contacto con la piel producen quemaduras. OJOS: Lentes de seguridad transparentes. PIES: Zapatos con punta de acero.														
PRIMEROS AUXILIOS Inhalación: La inhalación de polvo o neblina causa irritación y daño del trato respiratorio. En caso de exposición a concentraciones altas, se presenta ulceración nasal. Retirar del área de exposición hacia una bien ventilada. Ojos: Es extremadamente corrosivo a los ojos por lo que las salpicaduras son muy peligrosas pueden provocar desde una gran irritación en la cornea, ulceración, nubosidades y finalmente su desintegración. En casos más severos puede haber ceguera permanente. Lavar con abundante agua corriente, asegurándose de levantar los párpados, hasta la eliminación total del producto. Piel: Tanto el NaOH sólido, como en disoluciones concentradas es altamente corrosivo a la piel. Las disoluciones de concentración menor del 0.12% dañan la piel en aproximadamente 1 hora. Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua corriente. Ingestión: Causa quemaduras severas en la boca, si se traga el daño es además en el esófago produciendo vómito y colapso. Este producto esta considerado como posible causante del cáncer de esófago. No provocar vomito, si el accidentado se encuentra inconsciente, tratar como en el caso de inhalación.			FUEGO Y EXPLOSIÓN Este compuesto no es inflamable sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales. Es soluble en agua generando calor.														
FUGAS O DERRAMES <ul style="list-style-type: none"> Ventilar el área. Colocarse la ropa de protección necesaria como lentes de seguridad, guantes, mamelucos, zapatos con punta de acero. Mezclar el sólido derramado con arena seca. Neutralizar con ácido clorhídrico diluido (diluir con agua). Decantar y la parte líquida tirarla al drenaje La arena puede desecharse como basura domestica. Si el derrame es de una solución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido, agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje. 			DATOS TOXICOLÓGICOS TOXICIDAD POR INHALACIÓN: Tóxico IRRITACIÓN DE LOS OJOS: Irritante. IRRITACIÓN DE LA PIEL: Irritante.														
LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS																	
PELIGRO DE LA SALUD / RIESGO		PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO															
0.- Materia Normal / Mínimo 1.- Ligeramente Peligroso / Leve 2.- Peligroso / Moderado 3.- Extremo Peligroso / Alto 4.- Mortal / Severo		0.- No Arden / Mínimo 1.- Arriba de 93.3°C / Ligeramente 2.- Arriba de 37.8°C / Moderado 3.- Arriba de 23°C / Alto 4.- Debajo de 23°C / Severo															
PELIGRO ESPECIFICO		PELIGRO REACTIVIDAD / RIESGO															
Oxidante OXY Ácido ACID Alcalino ALK Corrosivo COR No Use Agua $\frac{W}{A}$ Peligro Radiación $\frac{\Delta}{A}$	0.- Estable / Mínimo 1.- Inestable con el Calor / Ligeramente 2.- Cambios Químicos Violentos Sin Estallar / Moderado 3.- Puede Explotar con Calor o Choque / Alto 4.- Puede Explotar A Tº y Presión Ambiente / Severo																

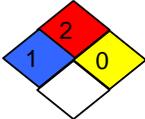
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD



Nombre del Producto o Químico, (Sinónimos)		MSDS N° : 004		
ÁCIDO CLORHÍDRICO(ACIDO MURIATICO)		N° NU: 1050		
Usó: Para lavar carbón activado		SEYMA		
COLOR	VALOR	LEYENDA	NFPA	
Rojo	0	Inflamable : No Arden/ Mínimo		
Azul	3	Salud : Extremo Peligroso / Alto		
Amarillo	1	Reactividad : Inestable con el Calor / Ligero.		
Blanco	-	Peligro Especifico: -		
MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO		INFORMACIÓN TÉCNICA		
<p>Mantener en zonas secas, químico reactivo, almacenar con productos corrosivos, mantener los contenedores estrictamente cerrados, manejar con extrema precaución, soluble en agua formando solución ácida. Separado de sustancias combustibles y reductoras oxidantes fuertes bases fuertes, metales. Mantener en un lugar bien ventilado. Presenta un olor picante</p>		<p>Estado Físico: Líquido, incoloro o ligeramente amarillo. Punto de Ebullición): - 85°C (a 101.3kpa). Solubilidad en Agua: 72g/ 100ml a 20°C Neutralizante: Cal (CaO)</p>		
PRIMEROS AUXILIOS		EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL		
<p>INHALACIÓN: Gases tóxicos, irritación, sensación de quemazón, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica OJOS: Lave por varios minutos con agua. Proporcionar asistencia médica. PIEL: Remueva la ropa, lave inmediatamente con agua y jabón 30 minutos.</p>		<p>INHALACION: Respirador: Para químicos. Ante altas concentraciones use un equipo de aire auto contenido. PIEL: Use guantes de nitrilo para las manos y mameluco químico con capucha ante derrames severos. OJOS: Lentes Químicos (goggles). Gafas ajustadas de seguridad pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria. PIES: Botas de jebe impermeables de caña alta.</p>		
FUGAS O DERRAMES		FUEGO Y EXPLOSIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar la zona de peligro. Ventilar. • Eliminar la fuente de la fuga o derrame, confinar y aislar el derrame, prevenir que el líquido ingrese al sistema de drenaje. • Eliminar gas con agua pulverizada. • Neutralizar con cal necesariamente. Si se le hace reaccionar con compuestos básicos, la reacción es altamente exotérmica. • Usar material de mezcla como arena o tierra, remover todo el material contaminado, lavar con agua la zona contaminada. 		<p>No inflamable, en caso de incendio produce gases tóxicos, medio de extinción, espuma, CO₂ y polvo químico (PQS), usar obligatoriamente equipo de aire autocontenido, evitar el uso de agua directo, ya que es contaminante, cuidado altamente reactivo.</p>		
LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS		DATOS TOXICOLÓGICOS		
PELIGRO DE LA SALUD / RIESGO		TOXICIDAD POR INHALACIÓN: Tóxico		
0.- Materia Normal / Mínimo 1.- Ligero Peligroso / Leve 2.- Peligroso / Moderado 3.- Extremo Peligroso / Alto 4.- Mortal / Severo	IRRITACIÓN DE LOS OJOS: Irritante.		IRRITACIÓN DE LA PIEL: Irritante.	
PELIGRO ESPECIFICO		PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO		
Oxidante OXY Ácido ACID Alcalino ALK Corrosivo COR No Use Agua $\frac{W}{-}$ Peligro Radiación $\frac{\Delta}{X}$	PELIGRO DE INCENDIO / RIESGO		PELIGRO REACTIVIDAD / RIESGO	
	0.- No Arden / Mínimo 1.- Arriba de 93.3°C / Ligero 2.- Arriba de 37.8°C / Moderado 3.- Arriba de 23°C / Alto 4.- Debajo de 23°C / Severo		0.- Estable / Mínimo 1.- Inestable con el Calor / Ligero 2.- Cambios Químicos Violentos Sin Estallar / Moderado 3.- Puede Explotar con Calor o Choque / Alto 4.- Puede Explotar A T° y Presión Ambiente / Severo	

CHANCADORA CENTAURO S. A. C.					Seguridad y Medio Ambiente		
U. M. Quicay	Nombre						
MSDS	ANTINCRUSTANTE				Características		
	Criterio de Seguridad	Color	Valor	Característica			
	Inflamabilidad	[Red]	Rojo	1	LIGERO	Peso Molecular	49
	Toxicidad	[Blue]	Azul	1	TOXICO (En caso de combustión)	Punto de Fusión	560 °C
	Reactividad	[Yellow]	Amarillo	0	No reactivo (Estable)	Gravedad Específica	No disponible
	Q : Producto Químico	[White]	Blanco				
Inflamabilidad	[Red]	Equipo de protección personal					
En caso de incendio: Usar extintor de espuma o de polvo seco IMPORTANTE : Siempre utilizar los medios de extincion apropiados para las condiciones ambientales del medio.		.- Respirador de polvos .- Anteojos de Seguridad .- Guantes de jebe .- Mameluco					
Toxicidad	[Blue]	Consideraciones ante emergencias					
		Disponer antes de la manipulación el tratamiento de emergencia apropiado.					
Para casos de combustion o descomposición		EN CASO DE INHALACION: Sólo si combustiona. salir al aire libre. Consultar al médico					
INHALACION: Nocivo en este caso.		EN CASO DE INGESTION: No provoca vómitos, beber abundante agua y consultar al médico.					
INGESTION: Puede ser nocivo en este caso.		CONTACTO CON LOS OJOS : Lavarse a fondo con abundante agua durante 15 minutos por lo menos.					
CONTACTO CON LA PIEL: Nocivo en este caso.		CONTACTO CON LOS OJOS : Lavarse a fondo con abundante agua durante 15					
CONTACTO CON LOS OJOS: Provoca irritación de los ojos.							
Reactividad	[Yellow]	Documentación Asociada					
Nocivo para este caso		Instrucciones de trabajo para emergencias.					

CHANCADORA CENTAURO S. A. C.				Seguridad y Medio Ambiente	
U. M. Quicay	Nombre				
MSDS	HIPOCLORITO DE CALCIO				
	Criterio de Seguridad	Color	Valor	Característica	
	Inflamabilidad	[Red]	Rojo	0	LIGERO
	Toxicidad	[Blue]	Azul	3	TOXICO (Evitar contacto)
	Reactividad	[Yellow]	Amarillo	1	REACTIVO (Reacciona con agua)
	Q : Producto Quimico	[White]	Blanco		
Inflamabilidad	[Red]	Equipo de protección personal			
En caso de incendio puede formar gas clorhidrico		<ul style="list-style-type: none"> - Respirador de polvos y gases. - Guantes de jebe o neoprene. - Anteojos de seguridad. - Mameluco - Y otras prendas protectoras. 			
IMPORTANTE : Siempre utilizar los medios de extincion apropiados para las condiciones ambientales del medio.					
Toxicidad	[Blue]	Consideraciones ante emergencias			
Para casos de combustion o descomposición		Disponer antes de la manipulación el tratamiento de emergencia apropiado.			
INHALACION: Provoca irritación de las mucosas respiratorias. INGESTION: Provoca escosor en vias de ingestion CONTACTO CON LA PIEL: Provoca irritación y en el caso de Puede absorcion por la piel puede ser nocivo. CONTACTO CON LOS OJOS: Provoca irritación de los ojos. ojos y mucosas.		<p>EN CASO DE INHALACION: En concentraciones elevadas, causa severa destruccion de los tejidos de las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior los ojos y la piel. Acudir al medico inmediatamente.</p> <p>EN CASO DE INGESTION: Puede provocar nauseas, vomitos con consecuencias graves en el esofago y estomago. Consultar inmediatamente al médico. con el medico.</p>			
Reactividad	[Yellow]	CONTACTO CON LOS OJOS : Lavarse a fondo con abundante agua durante 15 minutos.			
El calentamiento en un espacio cerrado de una mezcla de hipoclorito provoca formación de gas clorhidrico.		Documentación Asociada Instrucciones de trabajo para emergencias.			

CHANCADORA CENTAURO S. A. C.					Seguridad y Medio Ambiente	
U. M. Quicay	Nombre				Fórmula	
MSDS	CARBON ACTIVADO				C	
	Criterio de Seguridad		Color	Valor		Característica
	Inflamabilidad		Rojo	2		MEDIO
	Toxicidad		Azul	1		TOXICO (En caso de combustión)
	Reactividad		Amarillo	1		No reactivo (Estable)
	Q : Producto Químico		Blanco			
Inflamabilidad					Equipo de protección personal .- Respirador de polvos .- Protección ocular facial .- Guantes de jebe .- Mameluco	
En caso de incendio: Usar extintor de espuma o de polvo seco IMPORTANTE : Siempre utilizar los medios de extincion apropiados para las condiciones ambientales del medio.						
Toxicidad						
Para casos de combustión o descomposición INHALACION: Nocivo en este caso. INGESTION: Puede ser nocivo en este caso, dada la formación monóxido y dióxido de carbono producto de la combustión. CONTACTO CON LA PIEL: No provoca daño alguno.	Consideraciones ante emergencias Disponer antes de la manipulación el tratamiento de emergencia apropiado. EN CASO DE INHALACION: Sacar al sujeto al aire libre. Si no respira administrar respiración artificial. Si no respira, administrar oxígeno inmediatamente. EN CASO DE INGESTION: Lavar la boca con agua y llamar al personal médico. CONTACTO CON LOS OJOS Y LA PIEL: Enjuagar inmediatamente los ojos o la piel con abundantes cantidades de agua durante 15 minutos por lo menos y quitar al mismo tiempo la ropa y calzado contaminados.					
Reactividad					Documentación Asociada Instrucciones de trabajo para emergencias.	
La mezcla de borohidruro sódico con carbón vegetal (carbón activado) en aire promueve la oxidación del borohidruro sodico, provocando una reacción exotermica q puede dar lugar a ignición ignición del carbón vegetal liberando Hidrógeno por descomposición del borohidruro sódico. La combustión espontanea en aire facilita la ignición.						