UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN SOLUCIÓN DE LA CANCHA DE RELAVES EN LA PLANTA DE SAN JUAN DE CHORUNGA, UTILIZANDO SOLUCIÓN BARREN

Tesis presentada por la Bachiller
VIOLETA SUSAN URBINA TAYPE
Para optar el Título Profesional de
INGENIERA METALURGISTA

AREQUIPA – PERÚ
2019

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Señor Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.

Señor Miembros del Jurado.

De acuerdo a las normas y disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; es que pongo a su consideración la Tesis Titulada:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN SOLUCIÓN DE LA CANCHA DE RELAVES EN LA PLANTA DE SAN JUAN DE CHORUNGA, UTILIZANDO SOLUCIÓN BARREN , que de ser aprobada me permitirá optar el Título Profesional de Ingeniería Metalurgista.

VIOLETA SUSAN URBINA TAYPE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

Bachiller: VIOLETA SUSAN URBINA TAYPE

TESIS:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN SOLUCIÓN DE LA CANCHA DE RELAVES EN LA PLANTA SAN JUAN DE CHORUNGA, UTILIZANDO SOLUCIÓN BARREN

Mg. DANIEL SILVA ARCE
PRESIDENTE

Dr. VICTOR ASCUÑA RIVERA
MIEMBRO

Mg. ROBERTO HUAMANI BERNAL
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi padre Andrés por su esfuerzo, su dedicación, su carácter y su determinación por querer darles a sus hijos siempre lo mejor.

A mi madre Marcelina, por ser ese ser más bondadoso, espiritual, lleno de amor, de infinita paciencia que a lo largo de toda mi vida nos ha acompañado sin falta alguna.

A mis queridos hermanos por sus consejos y su apoyo durante mi desarrollo personal y profesional.

A la razón por cual me impulsa a ser cada día mejor en la vida y con quien quiero compartir mis logros; mi familia mía, Ronhual y el motor de mi vida mi hija Rominita.

RESUMEN

La planta de Benéfico de San Juan de Chorunga, está situada en el valle de San Juan de Chorunga, distrito de Río Grande, provincia de Condesuyo, departamento de Arequipa geográficamente se marcan en las coordenadas UTM 8241543N y 709277E, Datum PSAD 56 y 750 m.s.n.m.

Para la recuperación de oro se tiene que tener en cuenta que esta se encuentra asociada con sulfuros (la pirita FeS2, pirrotina: FeS, etc.), donde el consumo de cianuro aumenta considerablemente; debido a la descomposición de esos sulfuros .Siendo presente el oro en las pozas de relaves finos, con una malla inicial de 53 a 59% malla -200, la mejor forma, rentable y la más económica para la recuperación es evaluando los parámetros para recuperar oro en solución a nivel de planta utilizando la solución barren (solución pobre) que contiene un porcentaje de CN^-para reducir costo en el consumo de cianuro.

Para el presente trabajo se concluyó que la recuperación es de 68 % de oro en solución, teniendo en cuenta que la pulpa en el tanque de cianuración – agitación su granulometría debe estar en 78 – 83 % malla -200 ya que si es muy fina la granulometría se lamea la pulpa por lo que no es recomendable. (Pulpa considerable 1.300-1.350). Así mismo la alineación de oro retenido en la solución con respecto al tiempo, se realizó sacando un log tanto al tiempo como a la concentración de oro que se encuentra en la solución de la pulpa del tanque, y más eficiencia para tiempos menores de 48 horas con agitación en el tanque, a su vez para tiempos superiores la recuperación de oro se hace nula por lo que no es recomendable usar los equipos para tales tiempos.

Palabras Claves: Cianuración-agitación, pulpa, cianuro, granulometría y solución barren.

ABSTRAC

La plant the Benéfico of San Juan de Chorunga, is located in the San Juan de Chorunga valley, district of Río Grande, province of Condesuyos, Arequipa department, geographically marked at UTM coordinates 8241543N and 709277E, Datum PSAD 56 and 750 m.s.n.m.

For the recovery of gold it must be taken into account that it is associated with sulfides (pyrite FeS2, pyrrhotine: FeS, etc.), where the consumption of cyanide increases considerably; Due to the decomposition of these sulfides. Gold is present in the wells of fine tailings, with an initial mesh of 53 to 59% mesh -200, the best way, profitable and the most economical for recovery is evaluating the parameters to recover gold in solution at the plant level using the barren solution (poor solution) containing a percentage of CN^- to reduce cost in cyanide consumption.

For the present work it was concluded that the recovery is 68% gold in solution, taking into account that the pulp in the cyanidation tank - agitation its granulometry should be in 78 - 83% mesh -200 since if it is very thin the granulometry licks the pulp so it is not recommended. (Considerable pulp 1,300-1,350). Likewise, the alignment of gold retained in the solution with respect to time, was made by taking a log both to the time and to the concentration of gold found in the solution of the pulp of the tank, and more efficiency for times less than 48 hours. with agitation in the tank, in turn for higher times the recovery of gold becomes null so it is not advisable to use the equipment for such times.

Key Words: Cyanidation-agitation, pulp, cyanide, granulometry and solution sweeps.

ÍNDICE

DEDICATORIA ..... **I**

RESUMEN ..... **II**

ABSTRAC ..... **III**

ÍNDICE DE CUADROS ..... **IX**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **X**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XI**

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción 1

1.2. Antecedentes 2

1.3. Planteamiento del Problema 4

1.4. Justificación 4

1.5. Objetivos 4

1.5.1. Objetivo general 4

1.5.2. Objetivo específico 4

1.6. Hipótesis 5

1.7. Variables del proceso 5

1.8. Ubicación 5

1.8.1. Coordenadas UTM 6

1.9. Accesibilidad 6

1.10. Clima 7

1.11. Valles 7

1.12. Ingeniería del proceso metalúrgico de la Planta de San Juan de Chorunga 8

1.13. Marco conceptual 11

1.13.1. Ocurrencias del oro 11

1.13.2. Propiedades físicas y químicas oro 12

1.13.3. Química acuosa del oro 13

1.13.4. Disoluciones del oro 14

1.13.5. Cianuración del oro 14

1.13.6. Mecanismo de cianuración de oro 15

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA UNIDAD MINERA DE SAN JUAN DE CHORUNGA

2.1. Descripción del proceso de tratamiento de PB 21

2.1.1. Recepción del mineral 21

2.1.2. Sección de chancado 22

2.1.3. Sección molienda. 25

2.1.4. Concentración 31

2.1.5. Sección remolienda y amalgamación. 34

2.1.6. Sección cianuración. 35

2.1.7. Sección precipitación. 40

2.1.8. Relavera 43

2.1.9. Consumo de reactivos 47

2.2. Descripción del proceso de tratamiento de Planta CIC 48

2.2.1. Desorción 49

2.2.2. Electrodeposición 49

2.3. Descripción del proceso de tratamiento de Planta CIL 51

2.3.1. Recepción del mineral 51

2.3.2. Molienda-clasificación 51

2.3.3. Cianuración – adsorción 52

2.4. Fundición 52

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Materia prima. 55

3.1.1. Características 55

3.1.2. Análisis Químico 55

3.1.3. Mineralogía 56

3.2. Solución barren 56

3.2.1. Características 56

3.2.2. Análisis Químico 56

3.3. Materiales, equipos. 57

3.3.1. Equipos. 57

3.3.2. Materiales. 57

3.4. Descripción de equipos. 57

3.4.1. Tolva de Finos 57

3.4.2. Molino de bolas (6*6) 58

3.4.3. Ciclón D-10. 59

3.4.4. Tanque 20´x20´ 60

3.4.5. Lanzas de aire 60

3.4.6. Balanza Marcy 60

3.4.7. Reloj 61

3.4.8. Malla (-200) 61

3.5. Análisis Metalúrgico 61

3.5.1. Análisis Granulométrico 61

3.5.2. Pruebas de Cianuración 62

3.6. Diseño experimental - evaluación 68

3.6.1. Determinación de los parámetros 68

3.6.2. Parámetros en la etapa de molienda 68

3.6.3. Seguimiento en la etapa de Cianuración 69

3.6.4. Parámetros en el tanque lleno 71

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del tanque optimo #4 72

4.1.1. Parámetros óptimos en la etapa de molienda (Ver tabla N°4.9) 72

4.2. Parámetros óptimos en la etapa de cianuración (Ver tabla N°4.10). 73

4.2.1. Evaluación de parámetros óptimos en la etapa de cianuración 73

4.3. Contenido metálico de AU 74

CONCLUSIONES 76

RECOMENDACIONES 77

BIBLIOGRAFÍA 78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1.1 Tabla de accesibilidad al yacimiento San Juan de Chorunga. 6

Cuadro N°1.2 Disoluciones de los minerales. 15

Cuadro N°1.3 Efecto del oxígeno en la disolución del oro. 18

Cuadro N° 2. 4 Características de equipos de trituración. 23

Cuadro N°2.5 Características de las fajas transportadoras 23

Cuadro N°2.6 Datos de las tolvas e almacenamiento 23

Cuadro N°2.7 Datos de los circuitos 29

Cuadro N°2.8 Carácterísticas concentradora gravimetrica 31

Cuadro N°2.9 Características de equipos de Remolienda - Amalgamación 35

Cuadro N°2.10 Características tanques Pachucas 38

Cuadro N°2.11 Características de Equipos 44

Cuadro N°2.12 Reactivos de flotación 47

Cuadro N°2.13 Reactivos de Remolienda y cianuración 47

Cuadro N°2.14 Reactivos de Precipitación 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°3.1 Composición mineralógica 56

Tabla N°3.2 Distribución elemental..... 56

Tabla N°3.3 Análisis Granulométrico de la arenilla 61

Tabla N°3.4 Recuperación de oro con respecto al tiempo. 63

Tabla N°3.5 Recuperación de oro con respecto al tiempo 65

Tabla N°3.6 Parámetros en la molienda. 68

Tabla N°3.7 Cianuración hasta las 48 h 70

Tabla N°3.8 Parámetros en el Tanque..... 71

Tabla N°4.9 Parámetros óptimos en la etapa de molienda 72

Tabla N°4.10 Parámetros óptimos en la etapa de cianuración 73

Tabla N°4.11 Contenido metálico de AU:..... 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Vista general del campamento minero San Juan de Chorunga. 5

Figura N°1.2: Vista al Nor-Este quebrada Chorunga aguas arriba. 8

Figura N°1.3 Esquema de la reacción solido-líquido para la disolución de oro en cianuro. 16

Figura N°2.5 Molino de bolas. 25

Figura N°2.6 Molino de barras. 26

Figura N°2.7 Zona de precipitación con Zinc. 40

Figura N°2.8 Zona de Relavera 43

Figura N°2.9 Tanques 20 x 20 de cianuración-agitación. 52

Figura N°3.10 Tolva de finos de madera. 58

Figura N°3.11 Molino de Bolas 6x6 (modelo chino) 59

Figura N°3.12 Balanza Marcy 60

Figura N°3.13 Cancha de relaves 62

Figura N° 3.14 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro 64

Figura N°3.15 Consumo (g/TM). vs tiempo de agitación (h). 64

Figura N°3.16 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro 66

Figura N°3.17 Consumo (g/TM). vs tiempo de agitación (h). 66

Figura N°3.18 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro. 70

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La planta de Benéfico de San Juan de Chorunga, está situada en el valle de San Juan de Chorunga, distrito de Río Grande, provincia de Condesuyo, departamento de Arequipa, se encuentra situada a 200 km. al Nor Oeste de la ciudad de Arequipa, a una distancia aproximada de 95 km. de la ciudad de Camaná, dentro de la "Franja Aurífera Nazca– Ocoña", en el gran batolito del sur del Perú. La altura está comprendida entre los 750 m.s.n.m.

La evaluación de los parámetros en este circuito de molienda y cianuración, como es el caso necesita plasmar modelos de procesos metalúrgicos definidos que se puedan utilizar como patrón del comportamiento de las arenillas de la poza de relaves, ya que son el resultado de conocimiento, experiencia y técnicas en la adquisición de datos de campo, así como el procesamiento, interpretación y correlación final.

El departamento de Metalurgia de Century Mining Perú S.A.C, tiene por finalidad brindar información metalúrgica para poder optimizar las operaciones.

El desarrollo económico de la empresa ha permitido incrementar su producción anual de 5 000 onzas/año a 20 000 onzas/año manteniendo dicha producción los últimos 3 años y deseando incrementar la producción anual hasta alcanzar 30 000 onzas como producción anual en los próximos años.

La presente tesis "Evaluación de los parámetros para la recuperación de oro en solución de la cancha de relaves de San Juan de Chorunga utilizando solución barren, es producto de un trabajo constante para brindar un aporte a un circuito de molienda y proceso de cianuración a nivel planta.

1.2. Antecedentes

El Perú tiene la riqueza más grande del mundo, no solo por cantidad sino también por la gran variedad de recursos mineros, lo que permite a las empresas compensar con otro producto cuando exista baja de precio en un determinado metal. Actualmente la décima parte de estos recursos se encuentran en proceso de explotación.

Para el tratamiento de los metales preciosos de baja ley, desde la época de la colonización española se utilizó el mercurio en la recuperación del oro, generando durante el proceso lodos residuales con un porcentaje del metal y de otros elementos asociados. Alrededor del año de 1890, se comenzó a utilizar el proceso de cianuración, para la disolución del oro y la plata, utilizando cianuro

de sodio en medio alcalino, al mismo tiempo se desarrolló la técnica de precipitación con zinc, para la recuperación de estos minerales. Posteriormente a finales de la década de los setenta, se empezó a aplicar el proceso de adsorción en carbón activado para soluciones diluidas de cianuración alcalina. (Miller J. y Mooiman M, 1985).

La recuperación de oro en solución es una alternativa, para la utilización de los relaves con que se encuentran algunos centros mineros que tratan el mineral concentrado de oro con cianuración, los que llevan a su cancha de relave importantes volúmenes de concentrado con concentración de oro en sus relaves finos y poza de solución barren algo relevantes, la misma para su tratamiento de proceso se propone hacer el estudio de algunos parámetros importante.

Los trabajos anteriores de la zona de estudio tratan en su gran mayoría los aspectos de su geología económica, dentro de ellos figuran los siguientes:

Todas las minas de Barrick cuentan En los procesos CIP/CIL, la sustancia lodosa estéril –o relaves- se bombea a un centro de acopio de relaves. El diseño de estos centros de acopio considera parámetros como condiciones sísmicas locales, clima y régimen de aguas subterráneas. También se aplican controles para proteger las aguas superficiales y subterráneas. A medida que el mineral chancado se asienta en el tranque de relave, el residuo líquido se recicla enviándolo de nuevo al sistema del proceso.

1.3. Planteamiento del Problema

El problema se centra en el desecho del material valioso algo significante en un 12% en los relaves que se tratan en la planta CIL en la cual se tratan óxidos, principalmente la arenilla, el material que comúnmente se trabaja en este circuito es mineral de acopio, que llegan en cantidades limitadas.

1.4. Justificación

El presente estudio plantea una solución al utilizar la solución barren (solución pobre) en el circuito de arenillas, ya que dará beneficios a la empresa en menores gastos de consumo de reactivos y la mejora consistente en la producción para tener menores contenidos metálicos valiosos en los relaves.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general:

Evaluación de los parámetros para la recuperación de oro en solución de los relaves, utilizando solución barren, en el circuito de arenillas.

1.5.2. Objetivo específico:

- Determinar el óptimo consumo de reactivos para el proceso de cianuración.
- Solución barren utilizada de la desorción del oro (Au).
- Determinar las curvas de concentración de oro en solución en la etapa de cianuración con respecto al tiempo.

1.6. Hipótesis

La recuperación de Au en solución de los relaves de la planta de San Juan Chorunga, será posible si se evaluar los parámetros más importantes de este proceso.

1.7. Variables del proceso

Variables independientes:

- Concentración de cianuro en la solución barren.
- Tiempo de residencia en los tanques 20*20
- Tamaño de granulometría de la arenilla

Variables dependientes:

- % de recuperación de oro en solución.

1.8. Ubicación

Figura N° 1.1 Vista general del campamento minero San Juan de Chorunga.
Fuente: Elaboración propia.

La Planta de Beneficio de San Juan de Chorunga – Century Minig, se encuentra Políticamente ubicada, distrito Rio Grande, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa.

1.8.1. Coordenadas UTM:

La coordenada mencionada representa la ubicación de la planta de Beneficio de San Juan de Chorunga, Sistema de coordenada: UTM zona 18 banda L; las cuales son:

- Coordenada Norte: 8241543
- Coordenada Este: 709277
- Cota (m.s.n.m.): 750
- Datum: PSAD 56

1.9. Accesibilidad

Se accede por via terrestre desde Arequipa de la siguiente forma :

Cuadro N°1.1 Tabla de accesibilidad al yacimiento San Juan de Chorunga.

Ruta	Tramo	Vía	Distancia (Km)	Tiempo (h)
1	Lima-Arequipa	Vía aérea	-	1 h 20'
2	Arequipa-Ocoña	Vía Terrestre (asfaltado)	250	3 h 30'
3	Ocoña-San Juan de Chorunga	Via Terrestre (afirmado)	80	4h 30'
	TOTAL		330	8 h 00

Fuente: Elaboración propia.

1.10. Clima

Es típica a la de la Costa Peruana, de tipo desértica. En el valle de San Juan de Chorunga se presentan dos épocas en el año.

- De octubre a Abril: Clima caluroso con llovizna y lluvias aisladas con precipitaciones pluviales. Temperatura de 24ºC a 30ºC en verano.
- De mayo a Setiembre: Clima semifrío con mucha neblina y lloviznas. Temperatura entre 15ºC a 10ºC en invierno.

1.11. Valles

Está unidad geomorfológica, es el resultado de la intensa actividad erosiva desarrollada, por una parte, por la erosión de los ríos (Chorunga y Ocoña), y otra por los deslizamientos de materiales de ambos flancos de los valles formados. Como consecuencia de esta actividad dando origen a numerosas quebradas y valles profundos.

Los grandes valles transversales son cañones muy profundos (Ocoña y Chorunga), tienen flancos bien escarpados y cortan las pampas del pie de monte, la dirección de estos, está determinado en algunas zonas por fallas regionales, y en otras por fracturas, resultado del levantamiento Andino. (Ver figura N°1.2)

Figura N°1.2: Vista al Nor-Este quebrada Chorunga aguas arriba.
Fuente: Elaboración Propia.

1.12. Ingeniería del proceso metalúrgico de la Planta de San Juan de Chorunga

En Planta de Beneficio (PB), se trata minerales auríferos; el oro, se encuentra como oro libre diseminado en el cuarzo y como exclusión en pirita (sulfuro de hierro). Existen dos tipos de pirita reconocibles microscópicamente: pirita cristalizada sin contenido de oro y otra masiva más oscura con valores auríferos, donde el oro se encuentra generalmente en partículas menores a 150 micras.

Planta Beneficio, tiene una capacidad instalada de 750 TMSD, actualmente la capacidad operativa es de 450 TMSD; el mineral tiene una ley promedio de 6.0 g/TM de oro.

El control mineralógico, es la pirita, aplicándose el proceso de Flotación Selectiva, para su concentración; el oro libre se capta mediante concentración gravimétrica (JIG) en la descarga del molino de bolas 6´x 6´ FUNCAL y del molino de bolas 5’

x 6’ FUNCAL; los concentrados JIG y Flotación, son trasladados a la sección de Remolienda - Amalgamación; su posterior tratamiento de cianuración, con agitación moderada de aire comprimido se realiza en tanques tipo “Pachuca”; obteniéndose luego trazas de cemento aurífero mediante el proceso de Merrill Crowe (M&C) y tanques con agitación mecánica (proceso CIL), procesando además minerales oxidados (arenilla y material fino de acopio) remoliendo y lixiviándolos en planta CIL.

Los relaves, proveniente de la flotación se depositan en canchas adecuadamente preparadas, su ley promedio es de 0.55 g/TMS, con 7.0 de alcalinidad.

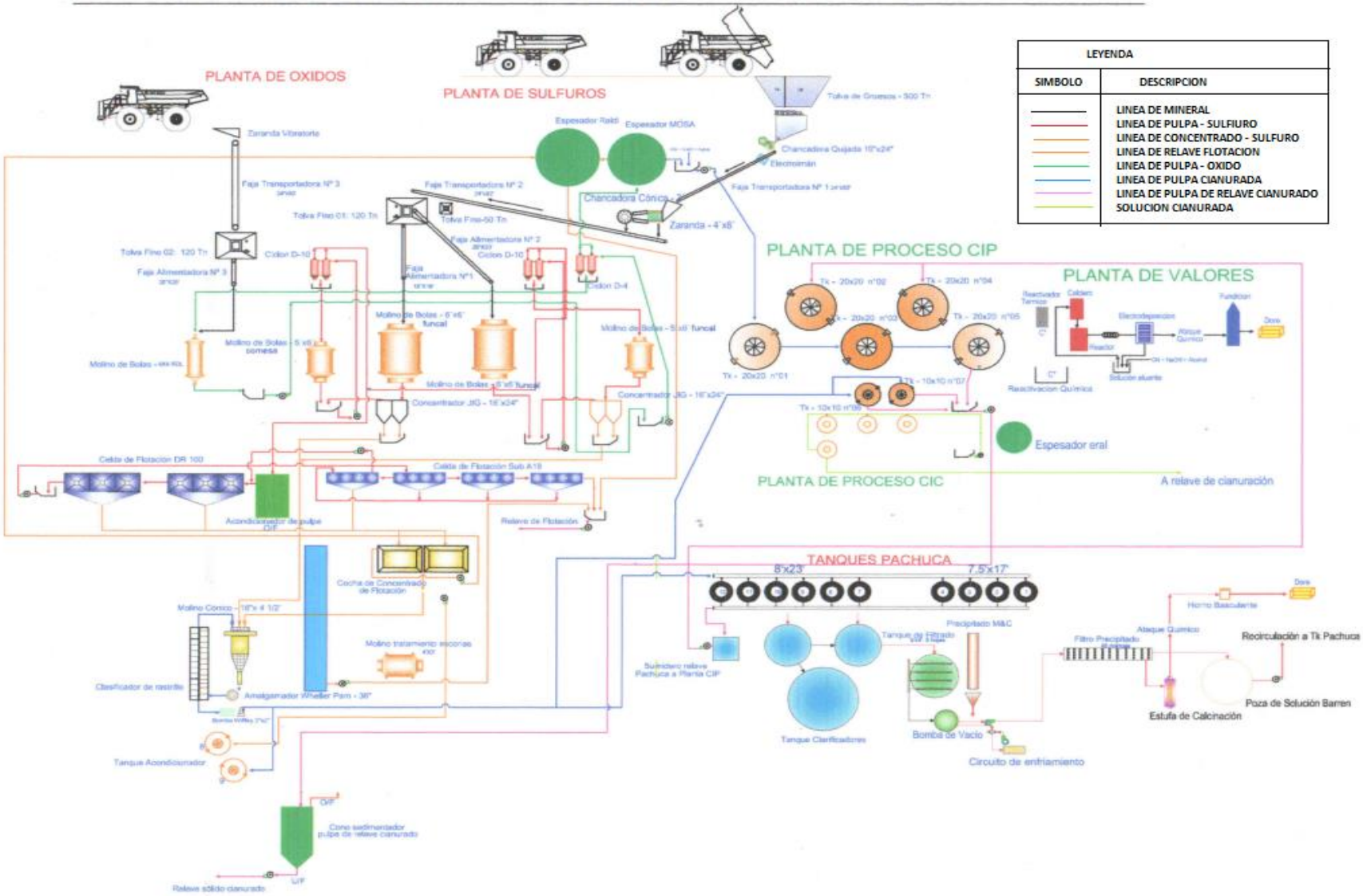
Las soluciones barren, obtenida del proceso M&C, se recircula al circuito de cianuración, trabajándose en circuito cerrado, es decir, no hay efluentes líquidos al medio ambiente.

Los sólidos del relave provenientes de la cianuración en los tanques Pachuca, se transfieren al circuito de Planta CIP, para su tratamiento de recuperación de fino de oro (ley de sólidos 2 – 3 g Au/TMS).

También se tratan minerales oxidados como arenilla y material de acopio, con una capacidad de 160 TMSD, su ley promedio es de 4- 6 gr/TM.

Tratamientos de desechos; Los relaves de flotación y cianuración serán almacenadas indistintamente en canchas preparadas adecuadamente, la solución barren retorna a un circuito de planta Cip.

FLOWSHEET PLANTA CONCENTRADORA -750 TMSD - UMSJA



1.13. Marco conceptual

1.13.1. Ocurrencias del oro

El oro, ampliamente esparcido en la naturaleza es encontrado generalmente de pequeñas cantidades.

El oro se encuentra frecuentemente en depósitos de minerales básicos, especialmente en minerales sulfurados de cobre, el oro no se presenta como un sulfuro u otro compuesto (excepto en el caso de los teluros).

Sin embargo, se encuentra en forma de oro nativo en la superficie o diseminado a través de la matriz de otras partículas de mineral.

El oro se presenta en muchos y variados ambientes geológicos que pueden ser agrupados en estas grandes categorías (Henley, 1975)

a. Minerales de oro nativo: Estos son minerales en los cuales el oro está en estado elemental y no está atrapado en sulfuros y otros minerales. Una vez liberados esta partícula de oro mediante un proceso de molienda, el oro que posee tamaños relativamente gruesos es recuperado por diferentes aparatos de recuperación gravitacional. La amalgamación fue utilizada en el pasado.
b. Oro asociado con sulfuros: El oro ocurre en dos formas, en estado libre y diseminado en sulfuros, la pirita es encontrada en la mayoría de los minerales de oro. También es muy frecuente observar Pirrotita, Arsenopirita, Calcopirita, Estibina, y otros sulfuros.

   La pirita es relativamente estable en soluciones cianuradas, pero en

   presencia de Pirrotina el consumo de cianuro se ve aumentado

considerablemente (debido a la descomposición de los sulfuros).

El oro se encuentra presente en piritas auríferas en las cuales el oro está a menudo finamente diseminado en la matriz de la pirita.

La pirita usualmente contiene oro, plata, cobre, etc. Como impureza en forma de finas inclusiones, impurezas isomorficas o soluciones solidas estas impurezas incrementan su valor.

Un aspecto interesante de la pirita es la presencia de azufre como elemento sobre su superficie formado de acuerdo a la reacción:

$$FeS2 \longleftrightarrow FeS + S$$

El azufre incrementa las propiedades de repelencia al agua de la pirita y colabora con su flotación.

c. Teluros de Oro: Estos son los únicos minerales de oro, aparte del oro metálico que tiene importancia económica, estos generalmente se encuentran con oro nativo y con sulfuros. A estos minerales pertenecen la calaverita, las cuales contienen alrededor de 40% de oro y silvanita la que contiene 25% de oro.

1.13.2. Propiedades físicas y químicas oro

a) Propiedades físicas del oro:

- Densidad: 19,300 kg por metro cúbico.
- Punto de fusión: 1337.33 K (1064.18 °C).
- Punto de ebullición: 3129 K (2856 °C).

- Número atómico: 79.
- Peso atómico: 197.

b) Propiedades químicas del Oro:

El oro es un elemento químico así que solo puede ser encontrado, no fabricado. Es inerte, lo que significa que: es prácticamente inmune al deterioro, y que es barato de almacenar durante largos periodos de tiempo (Bullion Valult, 2019)

Es notable por su rareza, densidad y su excelente conductividad eléctrica.

El oro tiene una gran cantidad de usos industriales gracias de sus cualidades físicas. Se utiliza en la industria odontológica y en la fabricación de algunos productos electrónicos que necesitan contactos de alta calidad no corrosivos.

Sin embargo, sus usos realmente prácticos son numéricamente insignificantes. De todo el oro minado de la tierra, la mayor parte se utiliza como adorno personal, donde su color y su relación con la riqueza contribuyen a su uso en la fabricación de joyas. (En torno al 60% del abastecimiento global).

1.13.3. Química acuosa del oro

Químicamente hablando, el oro no se oxida a temperatura ambiente, y tampoco a temperaturas cercanas al rojo vivo. Es insoluble en ácido sulfúrico, nítrico y clorhídrico, pero se disuelve en soluciones que contiene cloro o bromo libre, agua regia, y en soluciones de tiocianato, tiourea y tiosulfato.

La reacción con cloro ha sido estudiada en más detalle, debido a su aplicación en la purificación del oro, cianuros de Potasio, Sodio, y Calcio; disuelven el oro formando complejos de cianuro. (Procesamiento de Minerales, 2012) El oro también es recuperable formando una amalgama.

1.13.4. Disoluciones del oro

En su forma más simple, la reacción para disolución del oro metálico en una solución diluida de cianuro es:

$$Au + 2CN \longleftrightarrow Au(CN)2 + e$$

Se observa que en la práctica que el oro no se disuelve sin aireación intensa; consecuentemente, las siguientes reacciones han sido propuestas para la disolución del oro en soluciones diluidas de cianuro:

- $4Au + 8CN + O2 + 2H2O \longleftrightarrow 4Au(CN)2 + 4OH$ (Elsner)
- $2Au + 4CN + 2H°2 \longleftrightarrow 2Au(CN)2 + 2OH + H2$ (Jannin)
- $2Au + 4CN + 2H2O + O2 \longleftrightarrow 2Au(CN)2 + 2OH + H2O2$ (Bodlaender)
- $2Au + 4CN + 2H°2 \longleftrightarrow 2Au(CN)2 + 2OH$ (Bodlaender)

1.13.5. Cianuración del oro

“El oro fue uno de los primeros metales utilizados por el hombre. El oro nativo fue fácilmente reconocido debido a su color amarillento característico cuando se encuentra en forma masiva y pura, y también porque era fácilmente trabajable utilizando técnicas de deformación muy simples” (Cianuración de Minerales Auríferos – Oro, 2019)

Sin embargo, la recuperación de oro fino y oro asociado a otros minerales, ha sido desarrollado recientemente.

En 1846 Elsner estableció que el oro y la plata se disolvían en una solución KCN solo en presencia de oxigeno de acuerdo a la siguiente reacción:

$$4Au + 8NaCN + O2 + 2H2O \longleftrightarrow 4NaAu(CN)2 + 4NaOH$$

En 1889 Mac Artur establecieron la aplicación industrial del proceso de extracción de oro mediante una solución cianurada, a partir de allí entonces el proceso de cianuración a llegado a tener aplicación casi universal en la extracción de oro y plata.

Laver y Wolf dan la relativa solubilidad de los minerales de cobre en soluciones de cianuro de sodio al 10% como sigue:

Cuadro N°1.2 Disoluciones de los minerales.

Mineral	%
Calcopirita	8.2
Crisocola	15.7
Tetraedrica	43.7
Enargita	75.1
Bornita	99
Azurita	100
Calcosina	100
Cuprita	100
Malaquita	100
Cobre metalico	100

Fuente: Robert C. Horton

1.13.6. Mecanismo de cianuración de oro

El proceso de disolución de oro en cianuro involucra reacciones heterogéneas en la interfase solido-liquido.

Por tanto, los pasos secuenciales pueden ser asumidos como principales para la disolución de oro en cianuro:

- Adsorción de oxígeno en la solución.

- Trasporte de cianuro y oxígeno disuelto en la interfase sólido-liquido.
- Adsorción de los reactantes (CN^- y O_2) en la superficie sólida.
- Reacción electroquímica.
- Desorción de los complejos solubles de oro-cianuro y otros productos de reacción desde la fase sólida.
- Transporte de los productos resorbidos a la solución.

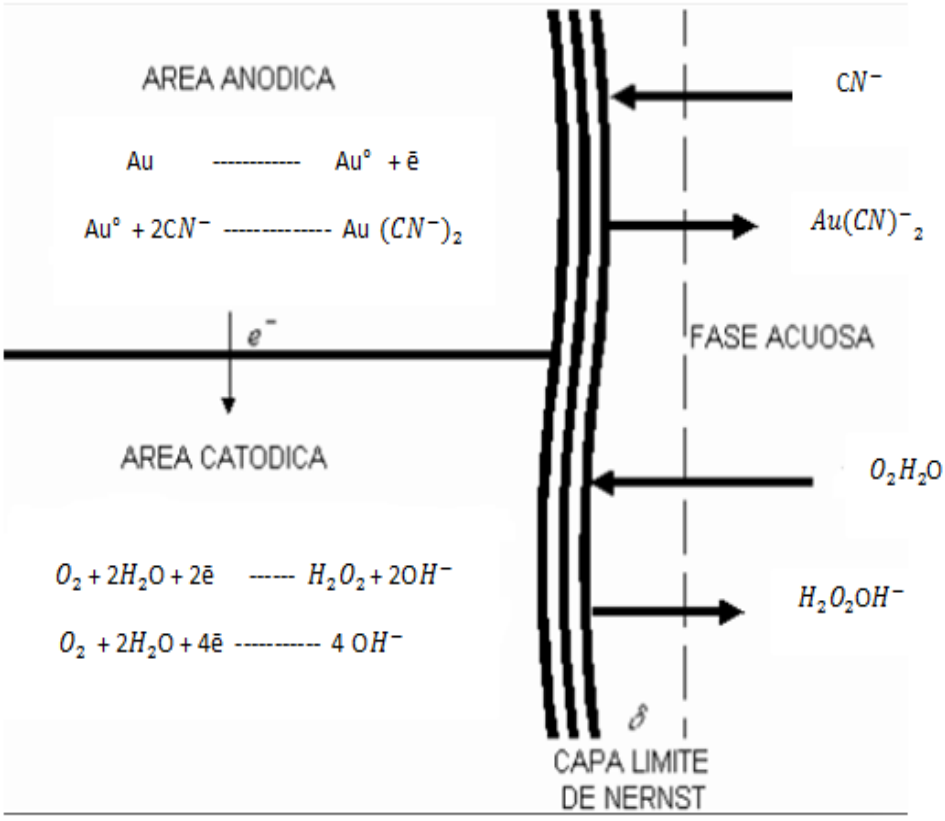


Figura N°1.3 Esquema de la reacción solido-líquido para la disolución de oro en cianuro.
Fuente: Bitstream

El proceso de cianuración está afectado por varios parámetros influyentes. Estos influyen la disponibilidad de oxígeno en la interfase solio-liquido, el pH, el efecto de la alcalisis y iones extraños (otros que no sean CN^-) en la solución.

1.13.6.1. Fundamentos de la cianuración de oro

Los cianuros más importantes que se usan en este procedimiento son: el de sodio y el de calcio.

El de sodio se expende en varias concentraciones desde el 85% hasta el 98% de NaCN, una solución de cianuro alcalino en agua se hidroliza como sigue:

En los procesos de Merril Crowe las soluciones deben ser muy clarificadas utilizando, primeramente, tanques clarificadores que minoran la turbidez desde 3000 ppm a 80 ppm que puede ser hasta 3 etapas para luego se filtra en filtros prensa que son más efectivos estos son diseñados de acuerdo al galonaje a precipitar.

En el sistema de clarificación se usa como ayuda, floculante.

a. Efectos del Oxigeno

El uso de oxigeno o un agente oxidante es esencial para la disolución del oro bajo condiciones normales de cianuración.

Barsky, Swainson, y hedley, determinaron la velocidad de disolución de oro en soluciones de 0.10% NaCN usando nitrógeno, oxigeno mezcla de ambos, las pruebas se efectuaron sobre 100 cc de solución de cianuro y a 25 °C de temperatura y con iguales volúmenes de gas para cada prueba, a continuación, la tabla:

Cuadro N°1.3 Efecto del oxígeno en la disolución del oro.

Oxigeno %	Disolución del oro (mg/cm2/hora)
0	0.04
9.6	1.03
20.9	2.36
60.1	7.62
99.5	12.62

Fuente: Robert C. Horton

b. Efectos de la concentración de cianuro

La rapidez de disolución de oro en las soluciones de cianuro, alcanza un máximo pasando de soluciones concentradas a diluidas.

White encontró que la velocidad máxima de disolución es cuando la concentración de la elución es de 0.020% de NaCN y cuando dicha solución está saturada con oxígeno.

Para los casos de concentrados de flotación se logra una buena disolución de oro, en rangos de cianuro libre sobre 0.10%, esto equivale a un consumo de 3Kgr/Tonelada de concentrado o 340 gramos por tonelada de mineral de cabeza.

$$NaCN + H2O \longleftrightarrow HCN + NaOH$$

La extensión hasta donde prosigue este hidrolisis en las soluciones de cianuro comerciales en agua, depende principalmente de la cantidad de álcali libre (Óxido o hidróxido metálico soluble en agua que tiene reacción básica) en el cianuro. Si este álcali libre es apreciable, entonces la descomposición del

cianuro podría ser despreciable. En ausencia de álcali libre apreciable el hidrolisis puede retardarse mediante la adición de cal.

El ácido carbónico que es más fuerte que el cianhídrico descomponen las soluciones de cianuros alcalinos, de acuerdo a la siguiente reacción química:

$$NaCN + H2CO3 \longleftrightarrow HCN + NaHCO3$$

Esta Reacción también puede evitarse con el uso de la cal.

1.13.6.2. Efectos en la cianuración del oro

a) Efectos de la alcalinidad

Las funciones del hidróxido de Calcio en la cianuración son las siguientes:

- ✓ Evita las pérdidas de Cianuro por hidrolisis.
- ✓ Prevenir perdidas de cianuro por la acción del anhídrido carbónico del aire.
- ✓ Neutralizar los componentes ácidos tales como las sales ferrosas, férricas y el sulfato de magnesio en el agua que se alimenta a planta.
- ✓ Descomponer lo bicarbonatos del agua que se alimenta a planta antes de la cianuración.
- ✓ Neutralizar la acidez de los constituyentes dela mena.
- ✓ Neutralizar los componentes ácidos resultantes de la descomposición de los diferentes minerales de la mena en las soluciones de cianuro.
- ✓ Facilitar el asentamiento delas partículas finas de modo que puedan separarse de la solución rica clara de la mena cianurada.
- ✓ Mejora la extracción cuando se trata de menas que contienen teluros, platas rojas que se descomponen más rápidamente a una mayor alcalinidad, la

reacción de la cal en la neutralización de los productos de descomposición se muestran en la siguiente ecuación:

$$H_2SO_4 + CaO \longleftrightarrow CaSO_4 + H_2O$$

$$CaO + CO_2 \longleftrightarrow CaCO_3$$

b) Efectos de la Temperatura

El aumento de la temperatura agiliza la actividad de la solución y consiguientemente acelera la velocidad de oro. Al mismo tiempo la cantidad de oxígeno en la solución disminuye por que la solubilidad de los gases decrece con el aumento de la temperatura.

c) Efectos de la clarificación

La clarificación perfecta es probablemente el factor más importante la obtención de un precipitad más limpio. Se debe eliminar todos los sólidos en suspensión de la solución rica, aun aquellas suspensiones coloidales prácticamente invisibles a la vista

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA UNIDAD MINERA DE SAN JUAN DE CHORUNGA

2.1. Descripción del proceso de tratamiento de PB

2.1.1. Recepción del mineral

El mineral extraído de las zonas de: San Juan (Nv. "0" y Nv. "150"), Mercedes y Esperanza es transportado en volquetes de 20 TM de capacidad a una tolva de gruesos que se encuentra edificada en el talud del cerro con el fin de emplear su ángulo para mover el mineral solo por arrastre, de 650 TM de capacidad de concreto armado, dividido en dos partes, una de 500 TM y otra de 150 TM de capacidad; el mineral proveniente de la zona Mercedes Nivel 2 es transportado mediante locomotora a la parrilla o grizzli de 4 " de abertura, ubicada sobre el canal con una capacidad de 150 TM, el mineral selectivo que salen en balancines y llegan en sacos de las diferentes zonas, se sueltan a través de un tubo que llega directo alimentar a la chancadora primaria, esto para que no exista combinación entre estas dos cargas. El mineral común que se encuentra en la tolva de gruesos se jala a través de un winche de arrastre.

El control de tonelaje que se recepciona en planta, se realiza teniendo en cuenta:

a) Número de carros X capacidad = T.M.S.
b) Número de volquetes X capacidad =T.M.S.

2.1.2. Sección de chancado

El mineral recepcionado en las tolvas, ingresan con una granulometría de 3", por lo que se tiene que reducir su tamaño hasta ½", La etapa del chancado empieza con el chancado primario que reduce el mineral menor a 4" a 2.5" de diámetro con una Chancadora de quijadas tipo Blake de 10" x 24" con capacidad de 37 TC/h.; el producto se transporta a una zaranda vibratoria, mediante la faja transportadora N° 01 de jebe con alma de lona de 24"ancho * 3 pliegues *50', completa en su armazón metálico con polines de sostén y polines de retorno, con una velocidad de 150 pie/min; un Electroimán "ERIEZ" modelo SL – 7330, instalado al comienzo de la faja transportadora N° 01 ,el mineral pasa por un Cedazo Vibratorio (Zaranda) Criba "FIMA" DENVER, tipo 4'*8' de 1 piso , de ¾" de abertura, accionado por un motor Eléctrico "DELCROSA" tipo NV – 1000 LA. El oversize de esta zaranda ingresa a la Chancadora Cónica Symons de 3' STD modelo Standard, accionada por un motor Eléctrico "ASEA" serie N° 7156 – 758 de 75 Kw, que reduce el tamaño de partícula a un 80 % -1/2", esta carga se junta con la carga del undersize de la zaranda en la Faja Transportadora N° 2 de 24" ancho * 3 pliegues * 82´, completa instalada en su armazón metálica con polines de sostén y polines de retorno, con una velocidad de 223 pie/min.

El material chancado a ½", se almacena en la tolva tronco cónico N° 01 de 140 TM, para luego alimentar a la sección de molienda.

Cuadro N° 2. 4 Características de equipos de trituración.

Equipo	Dimensiones	HP
Chancadora Allis Challmers	10"x24"	30
Chancadora Conica Symons	3'	125

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

Cuadro N°2.5 Características de las fajas transportadoras

Faja N°	Dimensiones	HP	Velocidad
1	24" x 50'	5	150 pies/min
2	24" x 82'	9	223 pies/min

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

El producto final de chancado (-1/2") es transportado a las tolvas de finos.

Cuadro N°2.6 Datos de las tolvas e almacenamiento

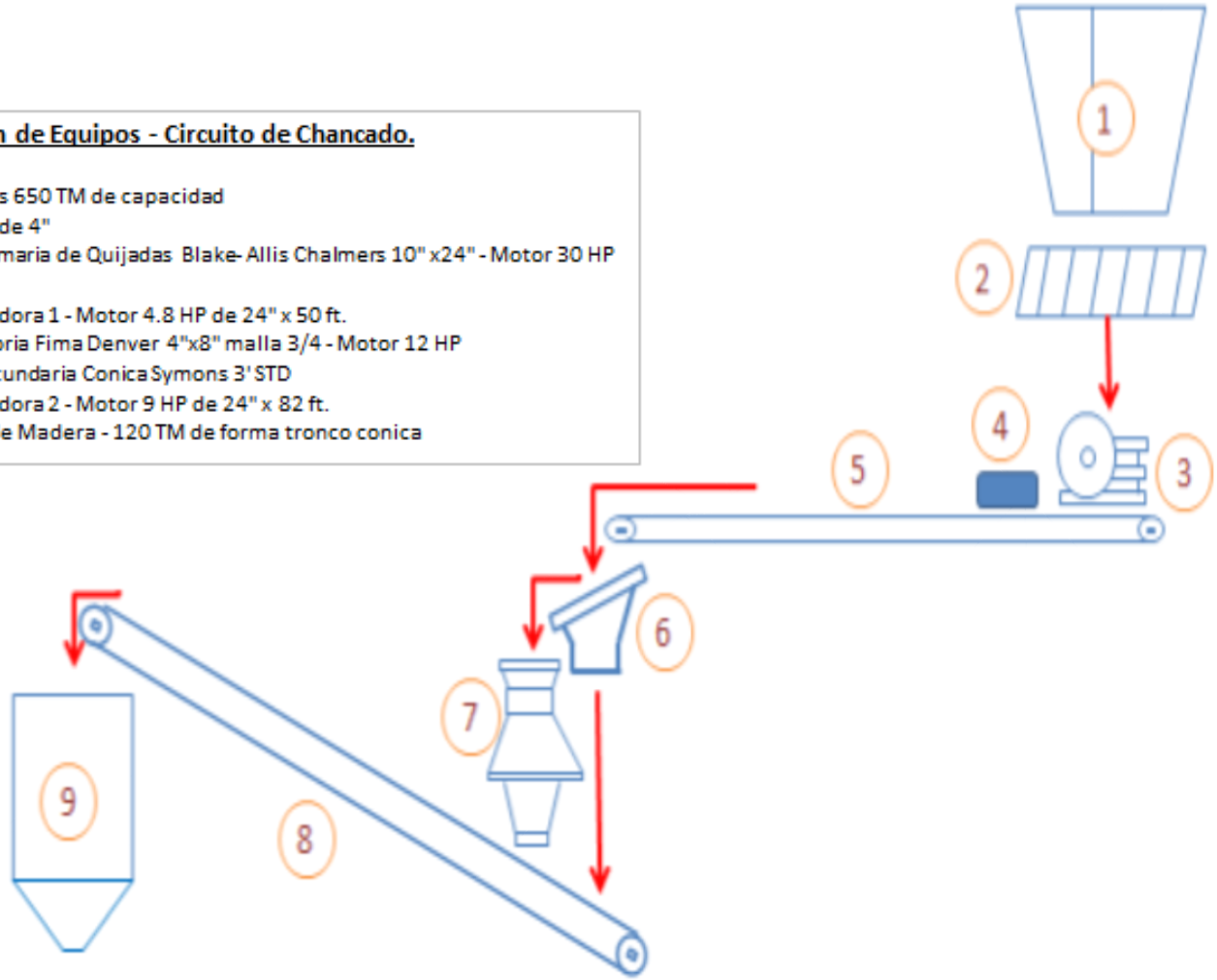
Tolva N°	Material	Capacidad
1	Madera	140
2	Madera	120

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

Flowsheet Sección de Chancado Century Mining Perú S.A.C.

Descripción de Equipos - Circuito de Chancado.

01. Tolva de gruesos 650 TM de capacidad
02. Parrilla (grizzly) de 4"
03. Chancadora Primaria de Quijadas Blake- Allis Chalmers 10" x24" - Motor 30 HP
04. Electroiman
05. Faja Transportadora 1 - Motor 4.8 HP de 24" x 50 ft.
06. Zaranda Vibratoria Fima Denver 4"x8" malla 3/4 - Motor 12 HP
07. Chancadora Secundaria Conica Symons 3' STD
08. Faja Transportadora 2 - Motor 9 HP de 24" x 82 ft.
09. Tolva de Finos de Madera - 120 TM de forma tronco conica



2.1.3. Sección molienda.

La molienda es una operación que permite la reducción del tamaño de la materia hasta tener una granulometría final deseada, mediante los diversos aparatos que trabajan por choques, aplastamiento o desgaste.

En esta operación de molienda, es donde se realiza la verdadera liberación de los minerales valiosos y se encuentra en condiciones de ser separados de sus acompañantes.

Por lo general, la molienda está precedida de una sección de trituración y por lo tanto, la granulometría de los minerales que entran a la sección molienda es casi uniforme. Los tamaños pueden variar de un F80 de 20 mm. (20000 micrones) a unos 5 mm. (5000 micrones), hasta obtener un producto de P80, variando normalmente entre unas 200 mallas por pulgada lineal (74 micrones) hasta 100 mallas (147 micrones).

Figura N°2.3 Molino de bolas.
Fuente: Procesamiento de minerales-blog spot

2.1.3.1. Clasificación de molienda:

Según su aplicación y el tipo de medios de molienda empleados, podemos catalogar a los molinos de la siguiente manera:

a) Molinos de barras:

Generalmente empleados para molienda primaria, algo como etapa intermedia entre chancado y molienda (por ejemplo: cuando la presencia de arcilla o panizo en el mineral dificulta el chancado fino). Se caracterizan por una razón largo/diámetro del cilindro mayor de 1.5: 1. Por las limitaciones mecánicas en el largo de las barras, existen limitaciones en la dimensión y la capacidad de este tipo de molinos, que recientemente comienza a perder preferencia (aunque aún operan en algunas plantas de la sierra peruana).

Figura N°2.4 Molino de barras.
Fuente: Procesamiento de minerales-blog spot

b) Molinos de Bolas:

"Operan con bolas de hierro (o aleaciones antiabrasivas especiales) fundido o acero forjado, con razones de largo/día, 1.5: 1 o menos. El diámetro de bolas

usadas varía entre 4” para molienda gruesa y 3/4” para molienda fina y remolienda de concentrados u otros productos intermedios” (Molino a Bolas, 2019)

Estos pueden ser utilizados como molinos de molienda primaria, secundaria y remolienda. Los molinos de bolas para molienda primaria son de forma cilíndrica y de gran tamaño y en su interior la carga moledora o bolas también son de gran diámetro (3-4 1/2"), ocupan el 45% del volumen del molino y trabajan en circuito abierto. En el caso de molinos de bolas de molienda secundaria y de remolienda por lo general son de forma tubular, es decir, su diámetro es ligeramente menos que su largo y trabajan en circuito cerrado con clasificadores mecánicos (rastrillos, espirales) o hidrociclones para maximizar su rendimiento y para evitar sobremolienda que es perjudicial para la concentración.

Los molinos de bolas constituyen hoy día la máquina de molienda más usada y mejor estudiada como molino secundario o como molino único en circuitos de molienda en una sola etapa, que parecen corresponder a la tendencia actual para plantas concentradoras de escalas pequeñas a medianas.

En cuanto a plantas de mayor capacidad y/o de minerales complejos polimetálicos cuyo tratamiento conduce a problemas de diferenciación de varios concentrados selectivos, si bien se prefiere molienda en una sola etapa previa a la concentración (flotación), es frecuente remoler concentrados o productos intermedios.

La liberación de las partículas valiosas (molienda), se realiza en dos (02) circuitos independientes, ambos en circuito cerrado, cada uno está provisto de su faja de alimentación, el muestreo se desarrolla en período de 15 minutos.

La ley ponderada de 5.44 g/TMS y 2.0% de humedad. El "rate" de alimentación total en ambos circuitos de molienda es de 16.50 TMS/h, para facilitarla liberación y obtener una densidad de pulpa (1 650 g/l), se adiciona agua. La capacidad instalada de PB, es de 500 TMS. Hasta el 3° Trimestre del 2016, durante un período de operación de 7906.00 h, se ha tratado 82693.97 TMS.

La descarga de los molinos, pasan a un sistema de clasificación, el mismo, que permite obtener un producto fino en rebose "overflow" (o/f) que servirá de alimentación a la etapa de concentración, y el otro producto grueso "underflow" (u/f) retornará al circuito de molienda.

2.1.3.2.Circuito N° 01.

Compuesto por dos molinos de bolas de 6´x6´ FUNCAL y 5´x6´ COMESA; la clasificación se desarrolla mediante ciclones D-10.

El tratamiento fue de47962.50 TMS (58.00%) del total, durante un período de 4079.50 horas (51.60%) de operación con un promedio de 11.757 TM/h.

2.1.3.3.Circuito N° 02.

Compuesto por dos molinos de bolas de 6´x6´ y 5´x6´ FUNCAL; la clasificación se desarrolla mediante ciclones D-10.

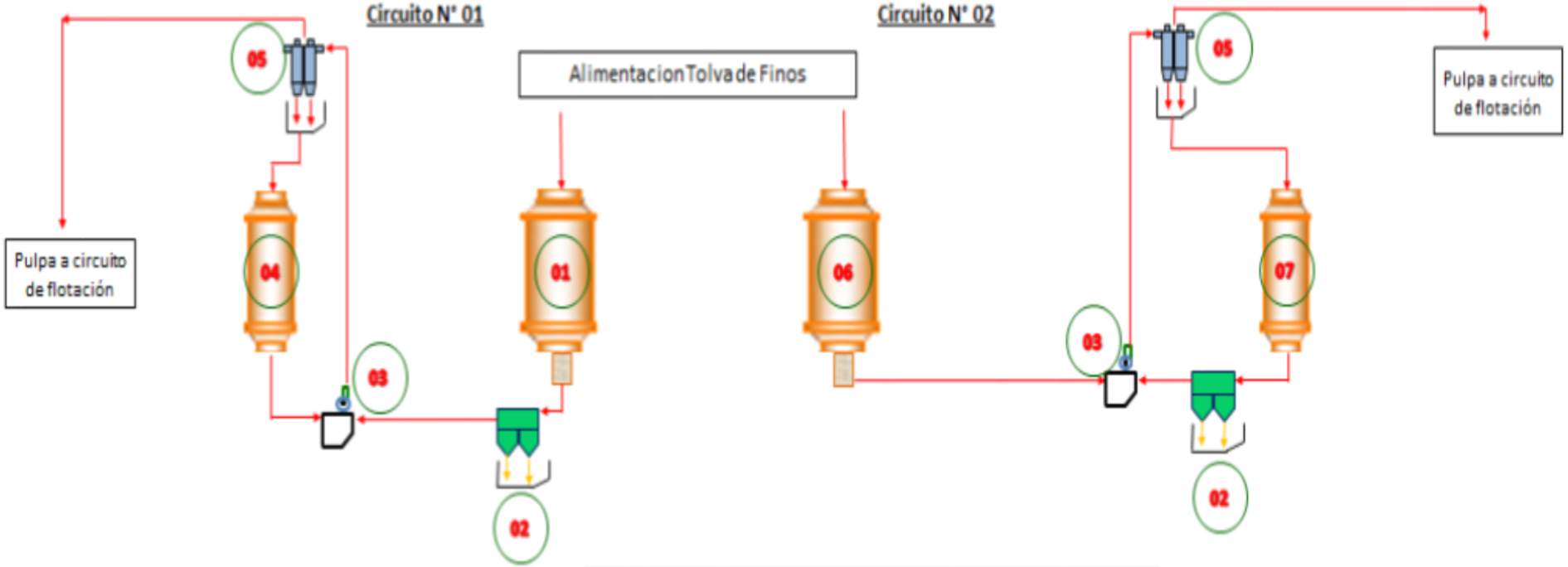
En este circuito, se ha tratado 34 731.47 TMS (42.00%) del total, durante un período de 3 826.50horas (48.40%) de operación con un promedio de 9.08 TM/h.

Cuadro N°2.7 Datos de los circuitos

Circuito	Equipo	Dimensión	HP	RPM	Carga Bolas	Densidad
1	M. Funcal	6´x 6´	125	25.0	9000	1.650
	M. Comesa	5´x6´	75	27.50	6500	1.800
	Coclon D-10					
	M. Funcal	6´x6´	125	25.0	9000	1.650
	M. Funcal	5´x6´	75	27.50	6500	1.800
2	Coclon D-4					

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

SECCIÓN MOLIENDA - CENTURY MINING PERÚ S.A.C.



Descripción de Equipos - Circuito de Molienda.

01. Molino de bolas 6´x6´ FUNCAL - Motor de 125.00 HP
02. Concentrador gravimétrico JIG Denver Dúplex 16"x24" - Motor 2.40 HP
03. Bomba de arena SRL 5"x5" - Motor 40.00 HP
04. Molino de bolas 5"x6" COMESA - Motor de 75.00 HP
05. Hidrociclón ICBA D-10
06. Molino de bolas 6´x6´ FUNCAL - Motor de 125.00 HP
07. Molino de bolas 5´x6¨ FUNCAL - Mptpr de 75.00 HP

2.1.4. Concentración

La concentración de la pirita aurífera se realiza mediante dos métodos: por gravimetría y por flotación.

a) Concentración Gravimétrica.

Se emplea con el objetivo de captar el oro libre, así como, partículas grandes de pirita aurífera, que por su mayor peso específico, sedimentan fácilmente. Para lo cual se usa un concentrador gravimétrico pulsador Denver Dúplex (Denver Mineral JIG).

El Gig:

Es un equipo de pre concentración o concentración gravimétrica muy utilizada en la minería de minerales pesados (estaño, wolframio, etc.) y también en la minería aurífera. El Gig permite separar los componentes de un mineral de acuerdo a su peso específico, en un medio acuoso que alterna la sedimentación libre y la sedimentación obstaculizada, gracias a la pulsación del líquido producida por diferentes medios. “En la minería aurífera los componentes pesados están constituidos por el oro y diferentes sulfuros, en tanto que los livianos son cuarzo y diferentes tipos de roca” (Jigs Gama Perù, 2019)

Cuadro N°2.8 Caracteristicas concentradora gravimetrica

Circuito	Equipo	Dimensión	JIG	HP
1	M. Funcal	6´x 6´	16´´x 24´´	2.0
2	M. Funcal	6´x 6´	16´´x 24´´	2.0

Fuente : Century Mining Perú S.A.C.

b) Concentración por Espuma.

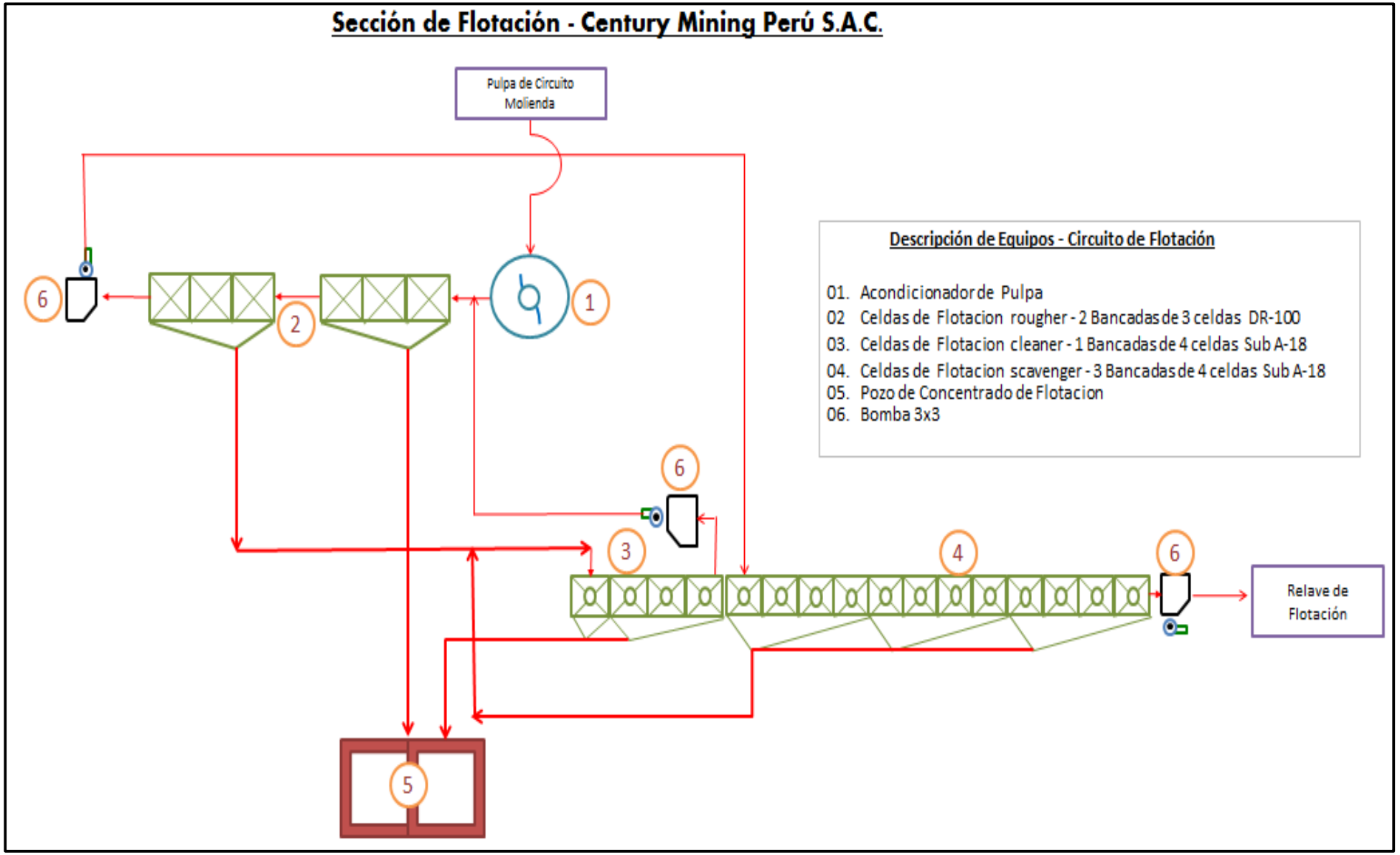
Se define la flotación como un proceso de concentración de minerales en el cual se procura separar las partículas de menas útiles de estériles o gangas, mediante un tratamiento físico químico que modifica su tensión superficial para lograr que burbujas de aire finamente divididas se adhieran a las primeras y las enriquezca en una espuma. En vista de esta última característica, este proceso recibe también el nombre de flotación de espuma.

El objetivo es separar la pirita aurífera (mena) del material estéril (ganga). La pulpa del "overflow" del clasificador, ingresa al proceso de Flotación, realizándose la concentración en un circuito de 16 celdas, del tipo Denver SubA-18 SP, divididas en cuatro (04) bancadas: Rougher, Scavenger y Cleaner, así mismo, con un banco de tres (03) celdas del tipo DR30, como etapa de Recleaner.

Los concentrados obtenidos por flotación son depositados en dos pozas de cemento de 25 TM de capacidad; los mismos que, al término del día de operación, se transporta a la siguiente etapa de remolienda.

El material estéril (relave) es transportado a través de tubería de PVC de 6"Ø, por medio de una bomba SRL 5" x 5"; hacia la zona de almacenamiento de relaves de flotación.

Sección de Flotación - Century Mining Perú S.A.C.



2.1.5. Sección remolienda y amalgamación.

La amalgamación es un proceso que se aplica para recuperar oro y plata nativa de materiales auríferos o argentíferos. El oro, la plata y varios otros metales y sus compuestos son capaces de alearse con el mercurio. Dichas aleaciones se conocen como amalgamas. La amalgamación en la minería aurífera sirve para recuperar el oro en forma de amalgama y así separarlo de los minerales acompañantes. La amalgama se forma por el contacto entre mercurio y oro en una pulpa con agua. El mercurio puede estar presente en forma de "perlas" dispersas en la pulpa o extendido sobre una superficie (planchas amalgamadoras). El primer uso de la amalgamación para la producción de oro probablemente data de la minería en Bosnia, en época de Nerón (54-68 a.C.). Hasta el día de hoy la pequeña minería aurífera utiliza esta técnica de manera generalizada.El oro libre (nativo) en un tamaño de grano entre 20-50 mm y 1-2mm es apropiado para la amalgamación. El oro grueso se puede recuperar fácilmente con métodos gravimétricos. “En el proceso de amalgamación, el oro se disuelve mínimamente en el mercurio. La amalgama contiene generalmente partículas de oro superficialmente aleadas con el mercurio y ligadas entre si por el mismo” (Gama Peru, 2019)

Para obtener una adecuada liberación de partículas de oro y facilitar la acción de disolución del Cianuro de Sodio (NaCN), es necesaria una molienda fina (-200), de los concentrados provenientes de flotación y JIG.

La etapa de remolienda, se realiza mediante un circuito, conformado por: molinocónicoHardinge 16”x4½’y un clasificador de rastrillos Dúplex 3’x17’,

a fin de proporcionar una adecuada granulometría; para su posterior proceso de cianuración.

La descarga del molino cónico, está instalado a un amalgamador WheellerPam de 36"Ø, con el objetivo de captar el oro libre.El "overFlow" del clasificador de rastrillo, es bombeado a los tanque de agitación tipo"Pachuca" mediante una bomba centrifuga Wilfley de 2" x 2". El "underFlow" es retornado al molino cónico para su remolienda.

Cuadro N°2.9 Caracteristicas de equipos de Remolienda - Amalgamación

Equipo	Dimensión	HP	RPM	Carga de Bolas	Densidad
M. Cónico Hardinge	4 1/2´´x 16´	24	30.0	3000	1.650
Clasificador Rastrillo		5			1.240
Bomba Wilfley	2´´x 2´´	12			1.240
Amalgamador Clean Up	36´´x 20´´	2			

Fuente : Century Mining Perú S.A.C.

2.1.6. Sección cianuración.

El tratamiento de minerales auríferos por más de una centuria. El proceso se complementa en dos etapas, en la primera se efectúa la disolución de los metales preciosos, oro y plata, y la solución rica obtenida puede ser tratada por otros procesos tal precipitación con polvo de zinc y absorción con carbón activado complementado con electrodeposición. Como se puede verse, el proceso se complementa con etapas previas como reducción de tamaño y liberación, o posteriores relativas al tratamiento de solución rica" (Paucar Toribio, 2015)

También cabe mencionar que la solución de cianuro debe siempre tener una disolución preferencial por los metales preciosos presentes en el mineral

procesado. La reacción de disolución necesita del oxígeno, y en caso de no estar presente en cantidades adecuadas, el proceso se vuelve poco eficiente. La reacción entre el oro, el cianuro y el aire genera un complejo de oro cianurado mas la liberación de iones oxidrilo.

Se ha notado a través de resultados de laboratorio que la rapidez de la disolución de oro depende de la concentración de cianuro, la alcalinidad del medio lixiviante, y el pH, el cual se suele considerar entre 10.5 y 11.0. Así mismo, para poder efectuarse una eficiente cianuración de un mineral aurífero, el oro debe estar en forma libre, y en un tamaño fino. La presencia de minerales acompañantes como los minerales oxidados de cobre o los sulfuros secundarios de cobre es negativa para el proceso porque ellos se tenderán a disolver en primera instancia, quedando muy poco cianuro libre para lixiviar al oro. Tal como se mencionó la inicio, la presencia adecuada de oxigeno también juega un papel importante en el proceso de cianuración.

El proceso requiere de etapas previas de reducción de tamaño, específicamente chancado y molienda a fin de tener partículas de oro apropiadamente liberadas. En el caso de un proceso de cianuración por agitación, el tamaño de partícula debe estar en el rango 75-95% menos malla 200. Asimismo, en los molinos de bolas se efectúa la cianuración inicial del mineral, se complementa en los tanques de lixiviación. Si se considera un proceso de lixiviación en pilas, el chancado puede ser requerido o no, dependiendo de las características mineralógicas del depósito. La molienda no se considera en la lixiviación en pilas" (Bolivar Grimaldos, 2019)

La presencia de ciertas substancias puede afectar el proceso lixiviante, tal como se mencionó antes, la presencia de niveles altos de minerales oxidados de cobre. También es importante mencionar la presencia de arsénico, el cual puede estar normalmente como Arsenopirita, y otras variedades de sulfuros. El Arsenopirita puede estar asociada con el oro, siendo el problema crítico, la liberación adecuada del oro, y la toma de oxigeno libre. La presencia de antimonio como estibina no es buena para el proceso. También merece mencionarse que la presencia de especies iónicas de zinc, níquel, hierro, cobre y manganeso pueden reducir la cinética de disolución de manera significativa. La existencia de material o componentes carbonaceos es negativa puesto que pueden absorber el oro disuelto, es decir actúan como carbón activado. También la presencia de ciertos materiales como madera, grasa, aceite u otros hidrocarburos en alta proporción pueden reducir la rapidez de cianuración ya que consumen el oxígeno disuelto presente en la solución rica.

2.1.6.1.Cianuración en tanques Pachucas

El proceso se inicia en la remolienda y termina en los tanques tipo “Pachuca”. La granulometría de la pulpa transferida a los tanques está en un rango de 70 a 80 % - 200 M. y la recuperación de 93 % en cianuración.

En esta etapa, se lixivian lamas del concentrado de piritas auríferas, el mismo concentrado de piritas auríferas y el concentrado JIG, mediante concentraciones de 0.35% de cianuro libre y 0.10% de fuerza de cal (PH > 11.5).La cianuración en estos 10 tanques Pachucas:04 tanques de madera de 16 m3 y 06 tanques de concreto de 19 m3;es con aireación, con cargas de 4-4.5 TM de concentrado, se le da tiempos de agitación, seguidamente se para la

aireación y se le agrega floculante Magnafloc al 0.15% para la sedimentación de los sólidos (7-24 h. de sedimentación), a fin de evacuar la solución rica al circuito de precipitación.

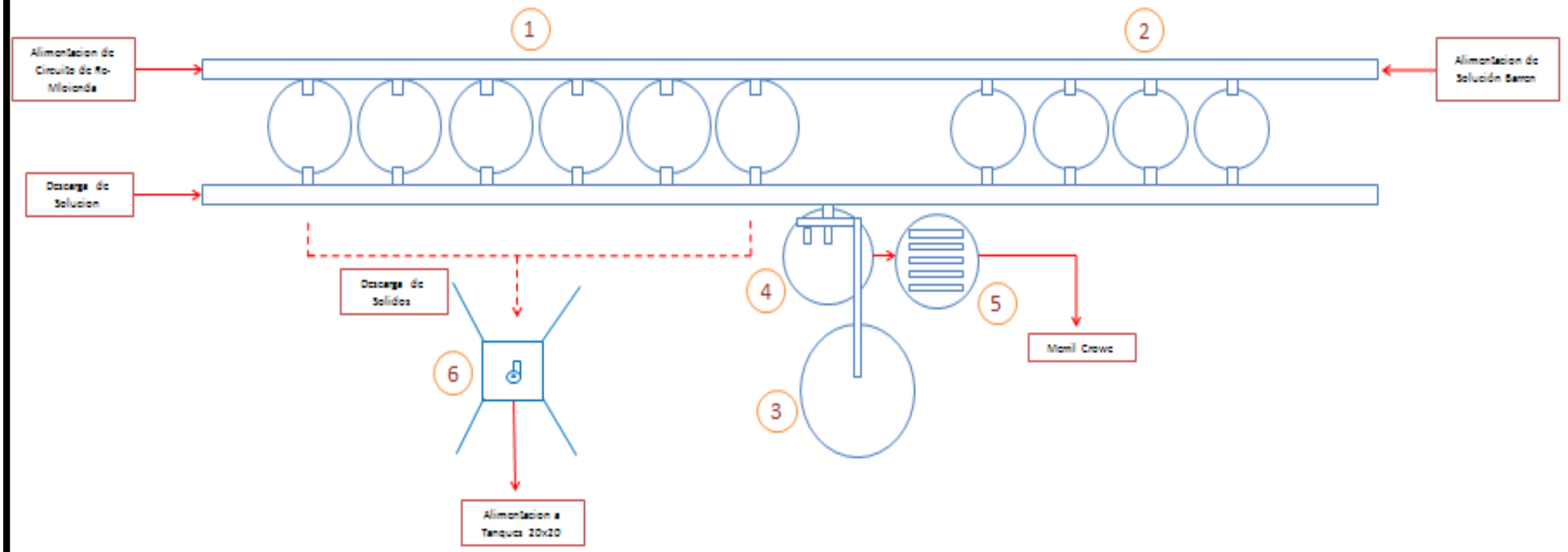
Una vez evacuada la solución rica al circuito de precipitación, se llena el tanque con solución barren y se vuelve a lixiviar los concentrados con los mismos parámetros de lixiviación, esta operación se realiza hasta que los sólidos hayan agotado sus contenidos de oro, cuando llegan a 2-3 g/TM, son recirculados al proceso CIP, para agotar al máximo el oro del concentrado de flotación o concentrado JIG, para su posterior descargue al relave final de cianuración.

Cuadro N°2.10 Características tanques Pachucas

Tanque	Material	Volumen
01 al 04	Madera	$16m^3$
7	Concreto	$20m^3$
08 al 12	Fierro/resvestido concreto	$19m^3$
14	Fierro	$19m^3$

Fuente : Century Mining Perú S.A.C.

Sección Tanques Pachucas - Century Mining Perú S.A.C.



Descripción de Equipos - Circuito de Flotación

01. Tanques Pachucas de Concreto.
02 Tanques Pachucas de Madera
03. Tanque rojo
04. Pozo Clarificador
05. Pozo de Filtrado de mantas
06. Bomba Vertical

2.1.7. Sección precipitación.

Es la reacción química en la cual se produce un sólido a partir de líquidos.

La solución pregnant (rica en Au), es transferida al circuito de clarificación, conformados por dos tanques pre- clarificador y un último tanque para el filtrado en vacío, contando con un sistema de filtros (tipo hoja).

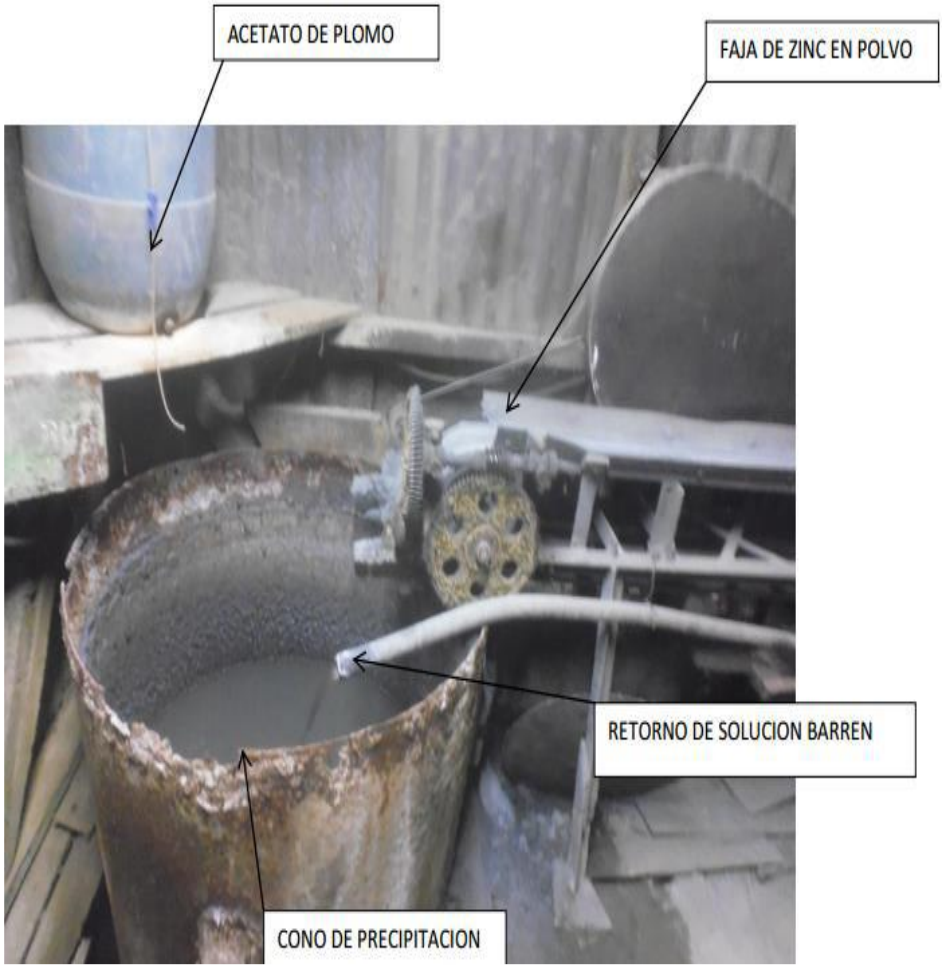


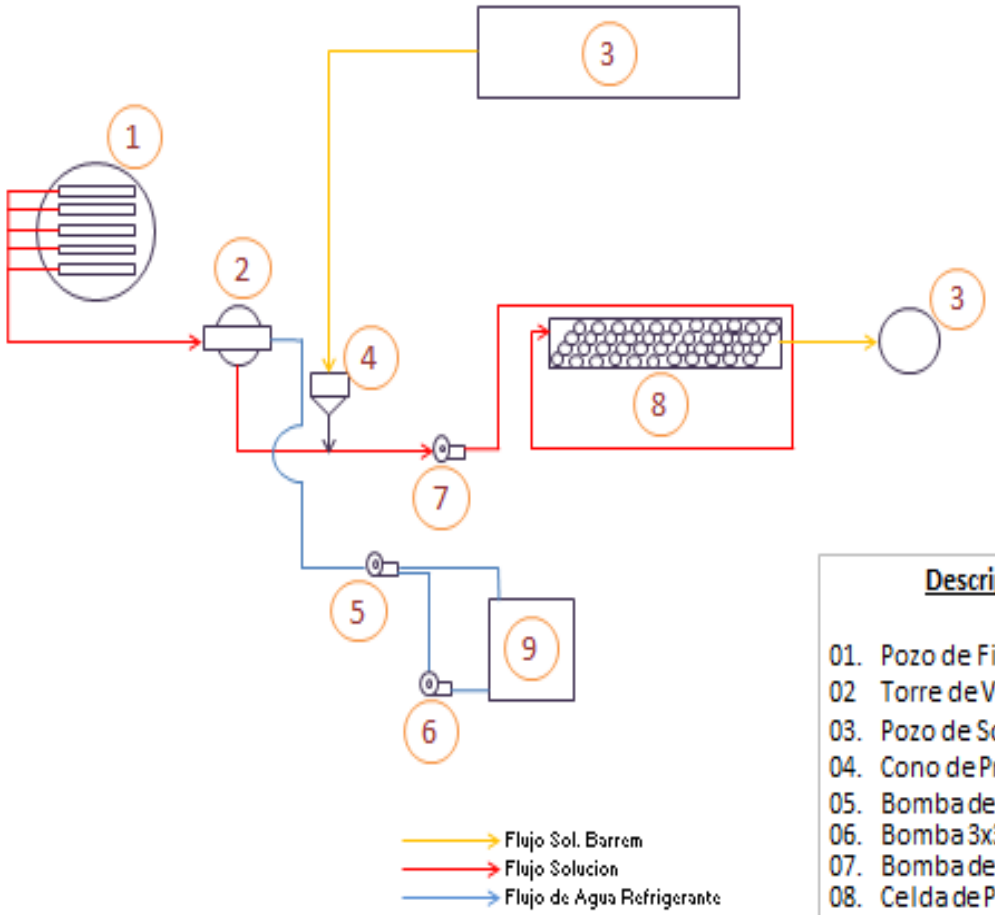
Figura N°2.5 Zona de precipitación con Zinc.
Fuente: Elaboración propia.

La solución clarificada ingresa a la torre de vacío, para la extracción del oxígeno disuelto. Para una mejor eficiencia en la precipitación, el contenido de sólidos y oxígeno en la solución debe ser mínimo. La solución libre de oxígeno

se impulsa mediante una bomba centrifuga adicionándose en el cono de precipitación, zinc metálico en polvo, acetato de plomo como catalizador y cianuro de sodio.

El proceso M&C, genera un producto precipitado (cemento aurífero), el cual es retenido en la celda conformada por 52 mangas de lona; la solución barren (empobrecida) se almacena en un tanque de madera.

Sección de Merril Crowe - Century Mining Perú S.A.C.



Descripción de Equipos - Circuito Merril Crowe

01. Pozo de Filtros
02 Torre de Vacio
03. Pozo de Solucion Barren
04. Cono de Precipitacion
05. Bomba de Vacio
06. Bomba 3x3
07. Bomba de solucion
08. Celda de Precipitacion
09. Pozo de Agua para refrigeracion

2.1.8. Relavera

La pulpa de relave, generado de los procesos de Flotación y cianuración, son transportados mediante tubería de HDPE y PVC; las tuberías ubicadas en zona de vías de acceso, reposan en un canal revestido con geomembrana de 1.8 g/m^2 con una longitud de 800 ml, el resto de tubería se ubica dentro de la zonas de relave, de tal forma, que ante cualquier derrame de pulpa de relave, se mantendrá dentro, así mismo, el perímetro de la zona de relave, se encuentra rodeada por el dique de protección de la zona de relaves, con una longitud de 1500 m.

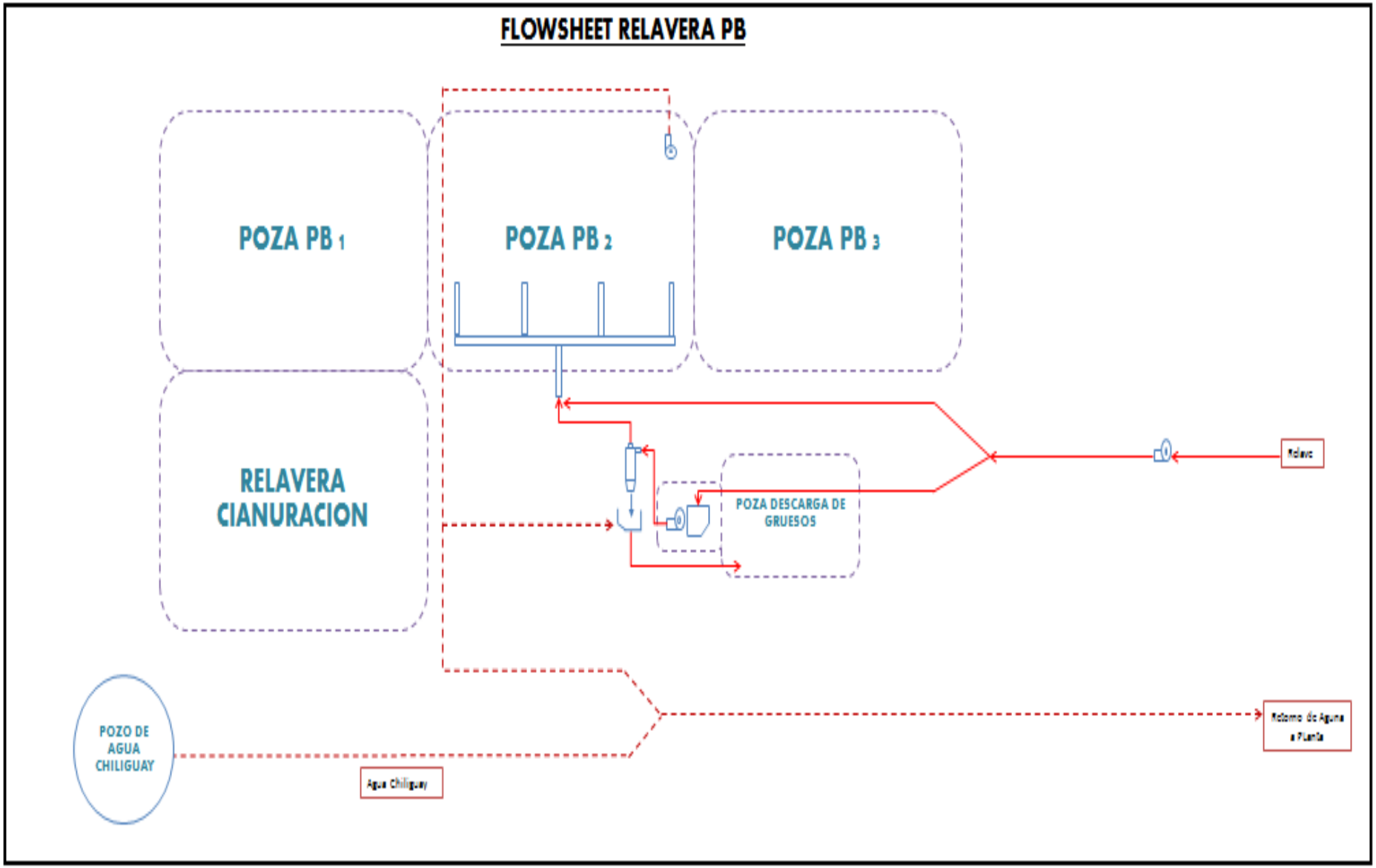
Figura N°2.6 Zona de Relavera.
Fuente: Elaboración propia.

Para un mejor transporte del fluido, se emplean los siguientes equipos:

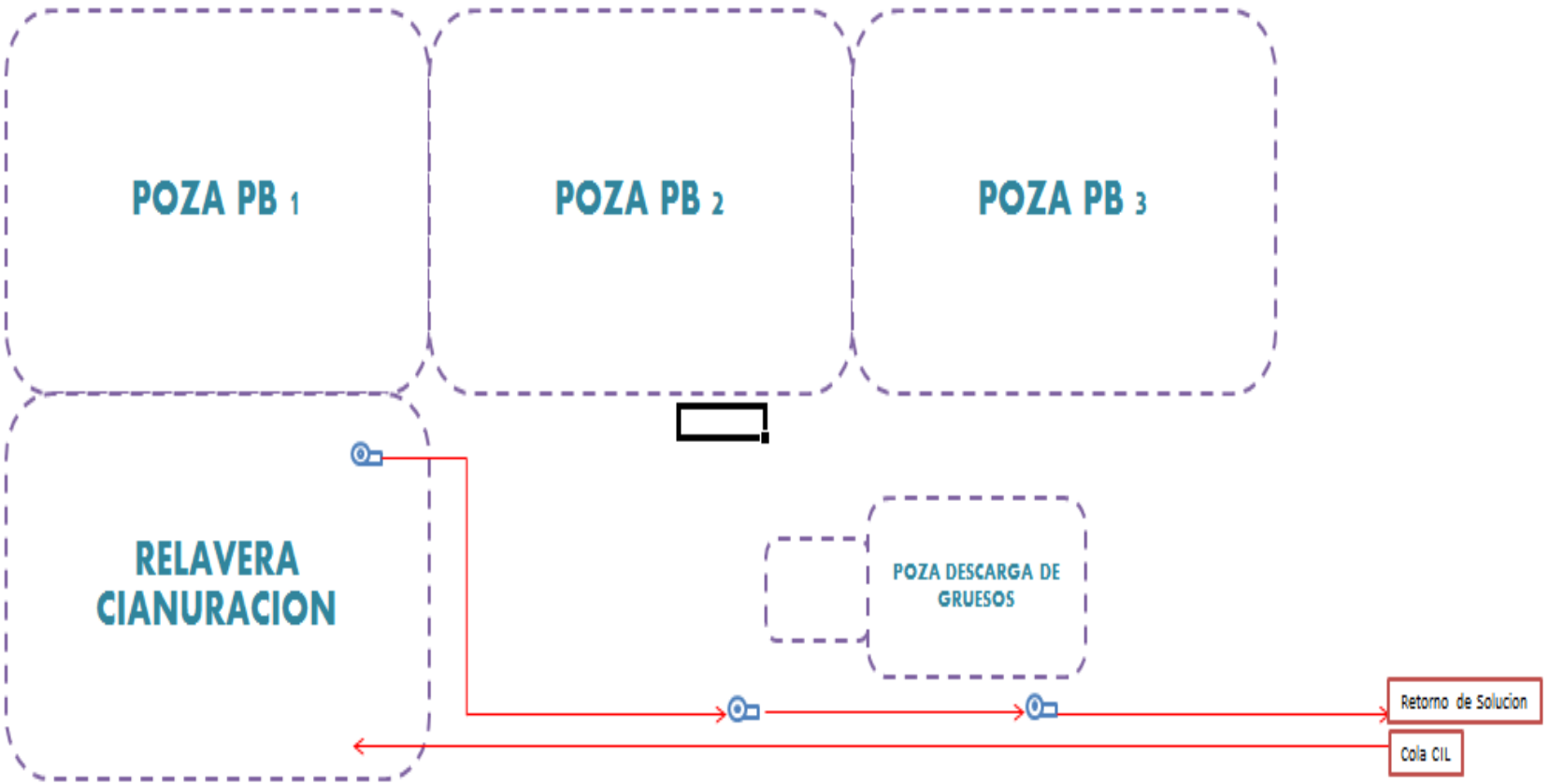
Cuadro N°2.11 Características de Equipos

EQUIPO	DIMENSIÓN	HP	DESCRIPCIÓN
Bomba SRL	5” x 5”	20	Transferencia de relave de flotación
Bomba SRL	5” x 5”	30	Para relaves generados en el proceso CIP

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.


FLOWSHEET RELAVERA PB
POZA PB 1
POZA PB 2
POZA PB 3
RELAVERA CIANURACION
POZA DESCARGA DE GRUESOS
Relave
POZO DE AGUA CHILIGUAY
Agua Chiliguay
Retorno de Agua a Planta

FLOWSHEET RELAVERA CIL



2.1.9. Consumo de reactivos

2.1.9.1.Flotación.

Cuadro N°2.12 Reactivos de flotación

Reactivos	Consumo (g/TM)
Xantato amilico	134.09
Aeroflot 208	70.41
Aeropromoter 404	69.07
Dowfroth 250	110.42
Sulfato de Cobre	331.87
Bolas de acero 3´´ y 4´´	1263.28

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

2.1.9.2.Remolienda y Cianuración.

Cuadro N°2.13 Reactivos de Remolienda y cianuración

Reactivos	Consumo (g/mes)
Cianuro de Sodio	15890.15
Cal Viva	5582.99

Fuente: Century Mining Perú S.A.C.

2.1.9.3.Precipitación.

Cuadro N°2.14 Reactivos de Precipitación

Reactivos	Consumo (g/mes)
Zinc en Polvo	1089.95
Acetato	0.09

Fuente: Century Mining Peru S.A.C.

2.2. Descripción del proceso de tratamiento de Planta CIC

Columnas de Carbón Activado (CIC) La aplicación de las columnas de carbón activado es recomendable cuando se obtiene oro en soluciones claras de cianuro de procesos de HeapLeaching, o donde se emplean espesados. La aplicación de las columnas de carbón depende de la cantidad de plata disuelta que se tiene en solución, si la proporción es menor a 2:1 con respecto al oro, se emplea las columnas, de lo contrario no es recomendable ya que las columnas se saturarían de plata reduciéndose la eficiencia de adsorción del oro.

La planta CIC se basa fundamentalmente en la adosrcion de oro de soluciones, en este caso solucion que retorna de la relavera del proceso de cianuracion,el circuito consta en primera instancia de una bomba a la cual llega esta solucion, que es bombeada a un Tanque de adsorcion(Tanque ERAL), y a un circuito de 4 columnas;ambos cargados de carbon nuevo, con capacidades de carbon nombradas en el flowsheet; las colas de estos procesos caen otra vez en el cajon de la bomba de relave y al cono de sedimentacion estatico del proceso CIL para diluir los solidos enviados, relave del proceso de cianuracion CIP.

Las lineas de solucion poseen valvulas de regulacion de flujo, que deben ser controladas cuidadosamente para sacarle el mayor provecho.

Para la cosecha de este tanque y las columnas se saca muestra de carbon cada dos dias, para evaluar el contenido de Au, al llegar aproximadamente a 1 gr Au/kg de carbon se procede a las cosechas, que luego sera sometido al proceso de desorcion.

2.2.1. Desorción

El carbón cargado (2-3 gr Au/kg. Carbón) se desorbe, recirculando solución eluente (300 L. De alcohol rectificado al 30 %,50 kg de soda caustica y 20 kg de cianuro de sodio, calentados en un caldero a 80°C), en un reactor de 1 TM de capacidad de carbón, para luego electro depositarse en una celda electrolítica.

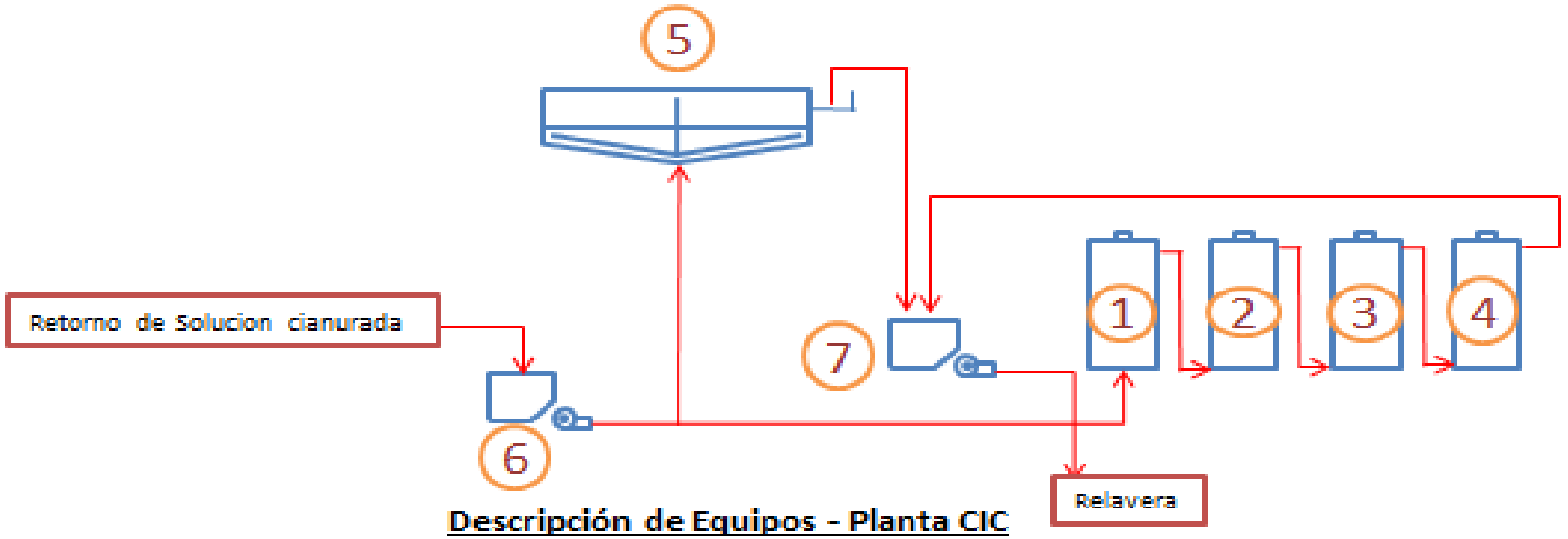
2.2.2. Electrodeposición

Los equipos usados en esta sección son: un rectificador de corriente, una celda de material con ánodos y cátodos, conectados al rectificador.

La solución caliente a 80 °C de la desorción, pasa a la celda electrolítica que posee 8 cátodos de lana de acero 9 ánodos de plancha de acero inoxidable horadados, empleando 3.0 voltios y 350 amperios de densidad de corriente, durante aproximadamente 30-32 horas para desorber 1 TM de carbón, con leyes de 2-3 gAu/kg carbón, y agotarlo hasta 0.3-0.5 gr Au/kg carbón. El producto de esta etapa es la lana de acero cargada, el cual se ataca con ácido sulfúrico y ácido nítrico, obteniendo un cemento de Au y Ag, se filtra, seca y funde. La temperatura es un factor importante de control de la electrodeposición, debe alcanzar los 70 °C y debe estar recirculando con normalidad la solución (electrolito).

Antes de terminar una desorción y retirar los cátodos, se coloca un “piloto”, que consiste en un trozo de lana de acero atada a un cable y se coloca al polo negativo correspondiente al de los cátodos y se deja por un espacio de tiempo de aproximadamente 10 minutos, para ver si continua la electrodeposición del oro (Wikipedia, 2019)

Flowsheet Planta C.I.C. Century Mining Perú S.A.



Descripción de Equipos - Planta CIC

01. Columna 1 : Capacidad de 400 kg. de carbon
02. Columna 2 : Capacidad de 400 kg. de carbon
03. Columna 3 : Capacidad de 250 kg. de carbon
04. Columna 4 : Capacidad de 250 kg. de carbon
05. Tanque ERAL: Capcidad de 2 TM de carbon
06. Bomba CIC
07. Bomba de relave

2.3. Descripción del proceso de tratamiento de Planta CIL

Carbón en Lixiviación (CIL) En este proceso se adiciona el carbón activado junto con el cianuro produciéndose en forma paralela la disolución y adsorción del oro y la plata de las soluciones. Este método se usa cuando el mineral posee minerales carbonaceos, que pueden producir durante la operación el efecto "Robing" que es adsorción del oro y la plata de las soluciones por los materiales carbonaceos provenientes del mineral.

2.3.1. Recepción del mineral

En este circuito se procesan mineral oxidado con leyes de aproximadamente 4-6 g/TM, son arenillas que se encuentran en la zona de Millonaria, y que son transportadas a planta en volquetes de 20 TM, esta arenilla se encuentra en un 64% m-200, se va depositando gradualmente a una zaranda de abertura, la carga que pasa esta abertura cae a un tolvin, y este a una faja transportadora, la que deposita a una tolva de forma tronco cónica de 120 TM de capacidad.

2.3.2. Molienda-clasificación

Se produce en el molino 6'x6', con un trommel en su descarga, cayendo en una bomba de arena de 5" x 5", que bombea a otra bomba de arena 5"x5", y ésta impulsada al ciclón D-10 que clasifica las partículas gruesas(underflow) de retorno al molino 6x6´ y las partículas finas(overflow) que se envía a la etapa de cianuración y luego adsorción siguiente que se dará en los tanques 20x20 de 160 m3 de capacidad. La pulpa del "over", tiene una densidad de 1,300 a 1350 g/L y una granulometría de 80 a 85% -200M

2.3.3. Cianuración – adsorción

El circuito, cuenta con cinco (05) tanque 20'x20', de agitación mecánica y, una capacidad estimada de 160 m3de pulpa.

Los tanques tienen un tiempo de retención de horas 18 c/u, la densidad de carbón activado (C*) es de 12 g/l de p

Figura N°2.7 Tanques 20 x 20 de cianuración-agitación.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Fundición

En esta sección se cuenta, con los siguientes equipos:

a) Estufa : secado y calcinación de cemento aurífero.

b) Horno crisol basculante : fundición de precipitado Nº 250

c) Horno crisol fijo : fundición barra Doré Nº 40.

d) Retorta de Fe Fundido : Tratamiento de amalgama.

e) En Planta Beneficio, se obtiene tres tipos de producto:

a) Amalgama.

Obtenida del WheellerPam, el cual es lavado y, filtrado para recuperar el mercurio excedente; el mercurio azogado, es tratado en una retorta, recuperándose un 80% del mercurio y obteniéndose el "oro esponja". El producto obtenido representa entre 25 a 35 % del Au total ingresado a circuito.

b) Cono de precipitado.

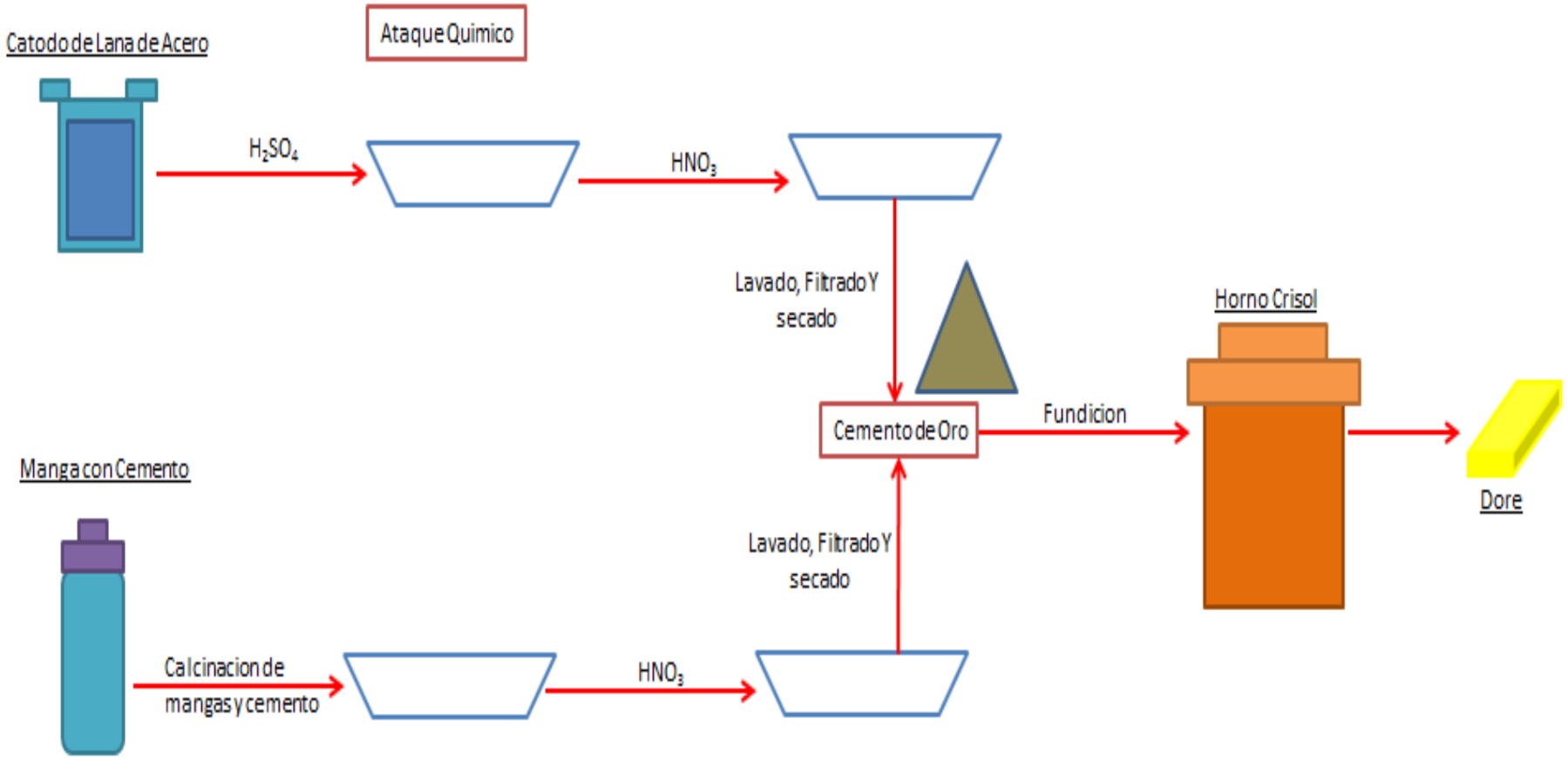
El cemento aurífero, obtenido de la precipitación, es secado y fundido, en un horno basculante, obteniendo un cono aurífero; el flux utilizado para la fundición es:

Bórax	: 70 % en peso
Carbonato de Sodio	: 10 %en peso
Nitrato de Potasio	: 10 % en peso
Sílice	: 10 % en peso

c) Cátodos de lana de acero.

El proceso de desorción-electrodeposición nos da como producto final cátodos cargados de Au, los cuales Serán atacados químicamente con ácido sulfúrico y ácido nítrico, secados y fundidos. Se saca muestra para análisis en laboratorio químico y se pesa el producto final. Todos estos productos, son refundidos para la obtención de la barra DORE como producto final de PB, con una ley promedio de 75% de AU y 19% de Ag, siendo enviado a Lima para su comercialización.

Fundición


Catodo de Lana de Acero
Ataque Quimico
H_2SO_4
HNO_3
Lavado, Filtrado Y secado
Horno Crisol
Cemento de Oro
Fundicion
Dore
Manga con Cemento
Calcinacion de mangas y cemento
HNO_3
Lavado, Filtrado Y secado

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Materia prima.

La materia prima es el relave de las pozas de la Planta de San Juan de Chorunga (Zona millonaria).

3.1.1. Características:

- Granulometría: 53% a 59% m-200
- Densidad de Pulpa: 1280 g/L
- Gravedad Especifica: 3.125
- Ph: 7

3.1.2. Análisis Químico:

- Ley Au: 5 a 6 g/TM

3.1.3. Mineralogía

Tabla N°3.1 Composición mineralógica

Composición mineralogía global		Porcentajes %
Gangas		95.117
goethita	α-Fe3+O(OH)	2.305
pirita	FeS2	2.009
rutilo	TiO2	0.338
Oro nativo		0.188
calcopirita	CuFeS2	0.043
TOTAL		100

Fuente: LAS - Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L

Tabla N°3.2 Distribución elemental

	Distribución Elemental (%)					
Mineral Elemento	Au	Ag	Fe	S		O
Pirita	0.35	0.09	47.11	52.45		-
Goethita	0.17	-	54.19	-	4.64	

Fuente: LAS - Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L

3.2. Solución barren

3.2.1. Características:

- Ph: 9.5
- [CN]: 400 ppm o 0.04%

3.2.2. Análisis Químico:

- Ley Au: 1.411 g/m3

3.3. Materiales, equipos.

3.3.1. Equipos.

- Molino de bolas 6*6
- Tolva de finos
- Ciclón D-10
- Tanque 20*20
- Lanzas de aire
- Balanza Mercy
- Cronometro
- Malla (-200)

3.3.2. Materiales.

- Relave
- Solución barren (Solución pobre)
- Cianuro de Sodio
- Papel Pamphea (medidor de PH)
- Cal viva

3.4. Descripción de equipos.

3.4.1. Tolva de Finos.

Son depósitos de capacidad de 120 TM que sirven para almacenar el mineral, abastece a los molinos en forma regular. Las tolvas de finos son importantes por los siguientes motivos (Salas Ocaranza, 2014):

- Aseguran una alimentación constante a os molinos.
- Nos permiten hacer reparaciones en la sección molienda.

Figura N°3.8 Tolva de finos de madera.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Molino de bolas (6*6)

El objetivo principal es reducir el tamaño hasta uno adecuado para poder efectuar el proceso de concentración (flotación, gravimetría o magnética) y/o de lixiviación (cianuración de minerales auríferos).

La alimentación que se envía al molino de bolas es el relave de la cancha, la molienda suele efectuarse con adición de solución barren, una vez que se inicia la rotación de del molino de bolas, se procede el ingreso del relave de la cancha y la solución barren, durante el movimiento se produce una mezcla constante entre los medios de molienda (bolas de acero) y el mineral, A medida que la carga avanza hacia la abertura de descarga del molino de bolas, se efectúa la reducción de tamaño.

El producto de molino de bolas se recibe en un cajón de bomba, y se envía a un sistema de clasificación de tamaño.

Figura N°3.9 Molino de Bolas 6x6 (modelo chino)
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Ciclón D-10.

Importante equipo destinados principalmente a la separación de suspensiones sólido – líquido.

El hidrociclón consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existen una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (Feed). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida (overflow) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (underflow) (Hidrociclones tripod, 2009).

Básicamente los cuatro parámetros independientes que permiten variar las condiciones de operación son: la densidad de la pulpa, la caída de presión en la alimentación, el diámetro del vortex y el diámetro del apex. El tamaño de

corte y la eficiencia de la separación son controlados mediante el ajuste de estos parámetros.

La pulpa del “overflow”, tiene una densidad de 1,300 a 1350 g/l y una granulometría de 80 a 85% -200M, que alimenta al tanque 20´x20’.

3.4.4. Tanque 20´x20´

El circuito, cuenta con cinco (05) tanque 20’x20’, de agitación mecánica, y una capacidad estimada de 160 m3de pulpa.

3.4.5. Lanzas de aire

Oxígeno, es introducido mediante la inyección directa de aire al tanque. La inyección de oxígeno es muy recomendada, puesto que aumenta las recuperaciones de oro y plata, y disminuye los consumos de cianuro, y se usa lanzas de aire con velocidad 4,2 m/s.

3.4.6. Balanza Marcy

Es un instrumento que sirve para medir la densidad dela pulpa que es expresada en las unidades g/L.

Figura N°3.10 Balanza Marcy
Fuente: Propia.

3.4.7. Reloj

Es un instrumento que permite realizar la medición del tiempo y segmentarle en unidades (segundos, minutos, horas, etc.).

3.4.8. Malla (-200)

Es un instrumento que tiene por finalidad obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en la muestra de arenilla y en la pulpa del overflow que alimenta al tanque

3.5. Análisis Metalúrgico

3.5.1. Análisis Granulométrico

Tabla N°3.3 Análisis Granulométrico de la arenilla

# Malla	Abertura (um)	Peso (Kg)	%Parcial	%Retenido	%Passing
50	207	0.016	1.6	1.6	98.40
70	210	0.026	2.6	0.2	95.80
100	149	0.043	4.3	8.5	91.50
200	74	0.181	18.1	26.6	73.40
-200		0.734	73.4	100	0.00
		1.000			

Fuente: Laboratorios Metalúrgico – Century Mining Perú S.A.C.

Interpolando:

149 ---------- 91.50
X ---------- 80
74 ---------- 73.40

$$\frac{149 - X}{149 - 74} = \frac{91.5 - 80}{91.5 - 73.4} = 101.35\ \mu m.$$

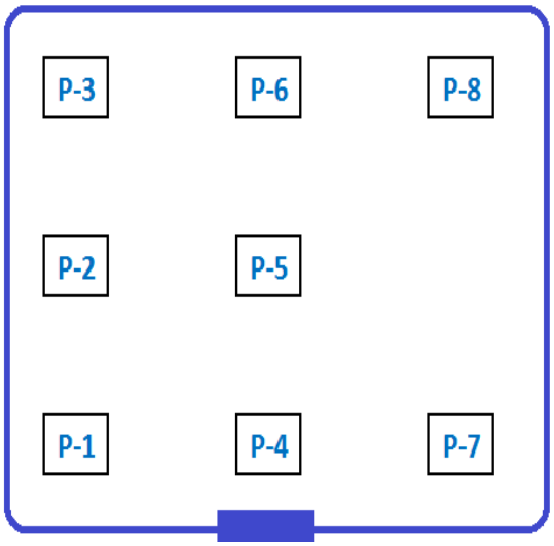
El 80% pasante se encuentra en la malla 140 según abertura de malla.

3.5.2. Pruebas de Cianuración:

Se ejecutaron pruebas al material de la cancha de relaves. Se muestreo la poza CIL#2, como indica la figura teniendo los siguientes resultados puntuales:

Figura N°3.11 Cancha de relaves
Fuente: Elaboración propia.

Se ejecutaron las pruebas metalúrgicas de cianuración a los puntos resaltados de color amarillo, ya que tienen mayor ley:



Muestras	Ley (g/TM)
P-1-1	5,73
P-1-2	5,81
P-2-1	10,81
P-2-2	9,93
P-3-1	2,76
P-3-2	2,97
P-4-1	5,04
P-4-2	4,86
P-5-1	1,87
P-5-2	1,83
P-6-1	4,13
P-6-2	4,23
P-7-1	5,8
P-7-2	5,58
P-8-1	1,81
P-8-2	1,93

a) Prueba de cianuración con solución barren

- Densidad de Pulpa 1320 g/L
- %NaCN de solución barren: 0.04 o 400 ppm
- Ph inicial: 9

Consumo de reactivos		
NaCN:	6.30	Kg/TM
Cal:	0.70	Kg/TM

Tabla N°3.4 Recuperación de oro con respecto al tiempo.

Código		R-2	R-3	R-4
% -200 m		80	80	80
Ph		11	11	11
% Recuperación Au	**0 h**	0	0	0
	2 h	37.59 %	19.55 5%	29.04 %
	4 h	41.88 %	39.19 %	43.35 %
	8 h	42.68 %	41.2 %	46.15 %
	12 h	43.1%	41.39 %	48.53 %
	24 h	45.2 %	41.38 %	50.37 %
	48 h	**47.51 %**	**42.59 %**	**49.49 %**

Fuente: Laboratorios Metalúrgico – Century Mining Perú S.A.C.

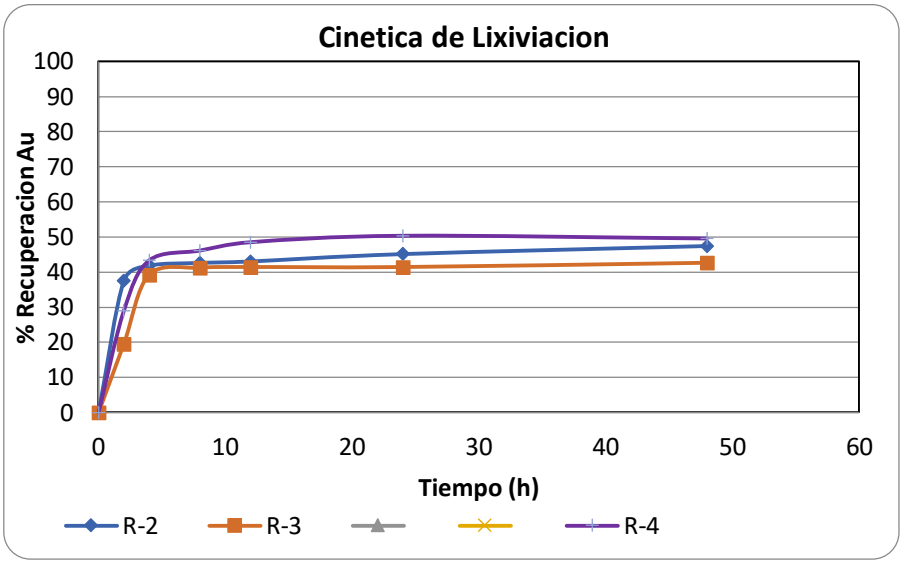


Figura N° 3.12 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro
Fuente: Laboratorio Metalúrgico- Century Mining Perú S.A.C.

En la Figura N° 3.14 nos representa el mejor % de recuperación de oro en solución en un tiempo de 48 horas de cianuración

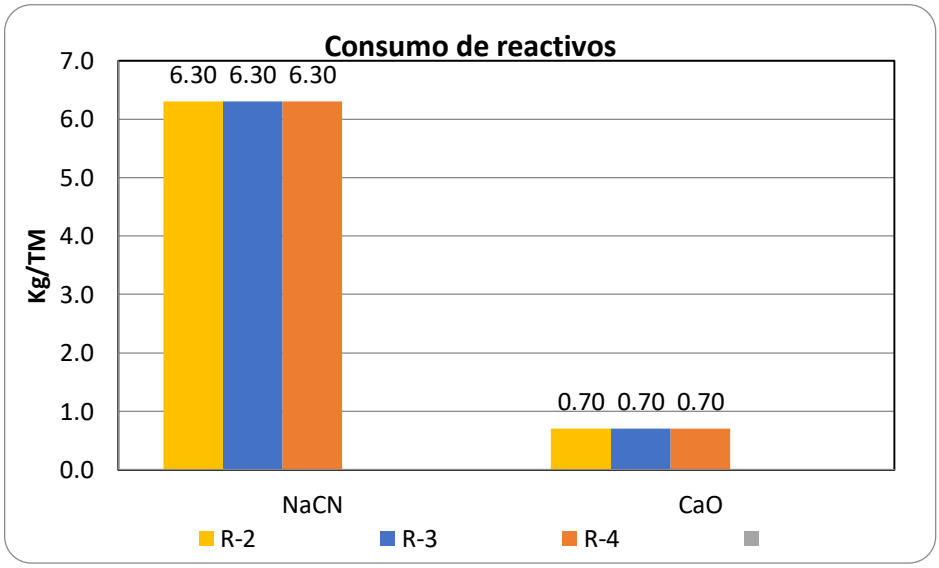


Figura N°3.13 Consumo (g/TM). vs tiempo de agitación (h).
Fuente: Laboratorio Metalúrgico-Century Mining Perú S.A.C.

En la Figura N° 3.15 nos representa el consumo de reactivos NaCN y CaO para el tiempo de cianuración de 48 horas.

b) Prueba de cianuración con agua regia

- Con Densidad de Pulpa 1320 g/L
- Ph inicial :7

Consumo de reactivos		
NaCN:	7.64	Kg/TM
Cal:	3.64	Kg/TM

Tabla N°3.5 Recuperación de oro con respecto al tiempo

Código		R-2	R-3	R-4
% -200 m		80	80	80
Ph		11	11	11
% Recuperación Au	**0 h**	0	0	0
	2 h	36.08 %	21.5 %	30.01 %
	4 h	40.1 %	38.19 %	43.35 %
	8 h	41.5 %	39.8 %	44.6 %
	12 h	43.1 %	40.3 %	49.85 %
	24 h	42.35 %	41.2 %	50.37 %
	48 h	**45.8 %**	**41.99 %**	**50.6 %**

Fuente: Laboratorios Metalúrgico – Century Mining Perú S.A.C.

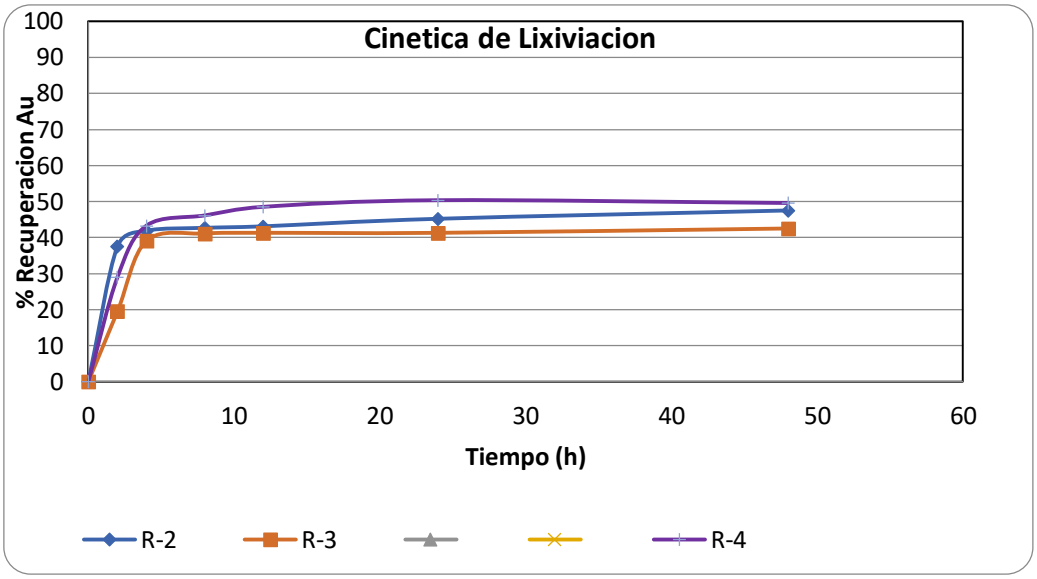


Figura N°3.14 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro.
Fuente: Laboratorio Metalúrgico-Century Mining Perú S.A.C.

En la Figura N° 3.16 nos representa el mejor % de recuperación de oro en solución en un tiempo de 48 horas de cianuración.

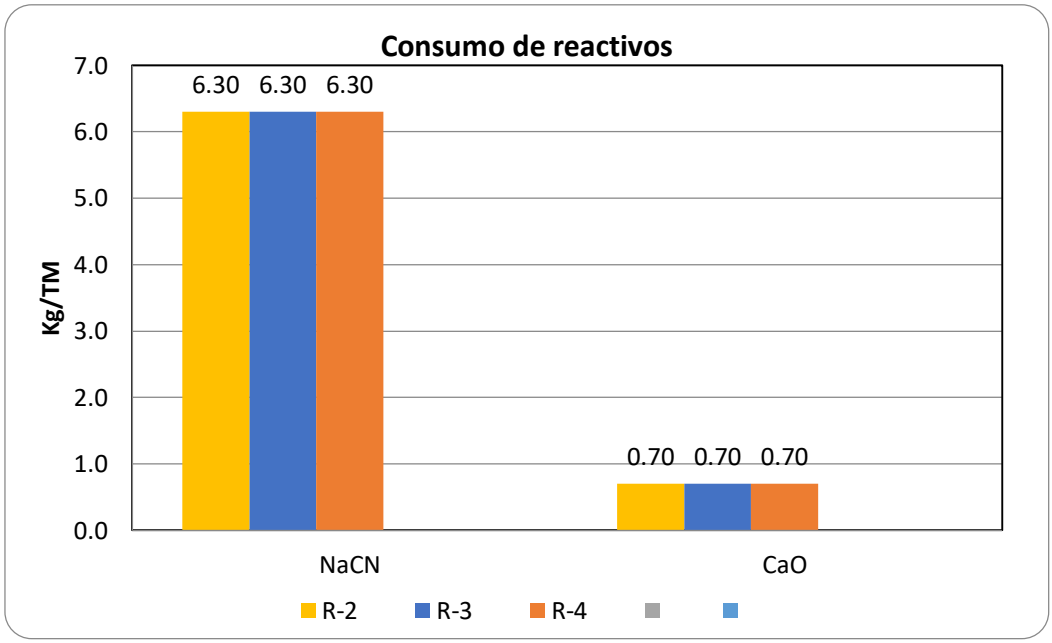
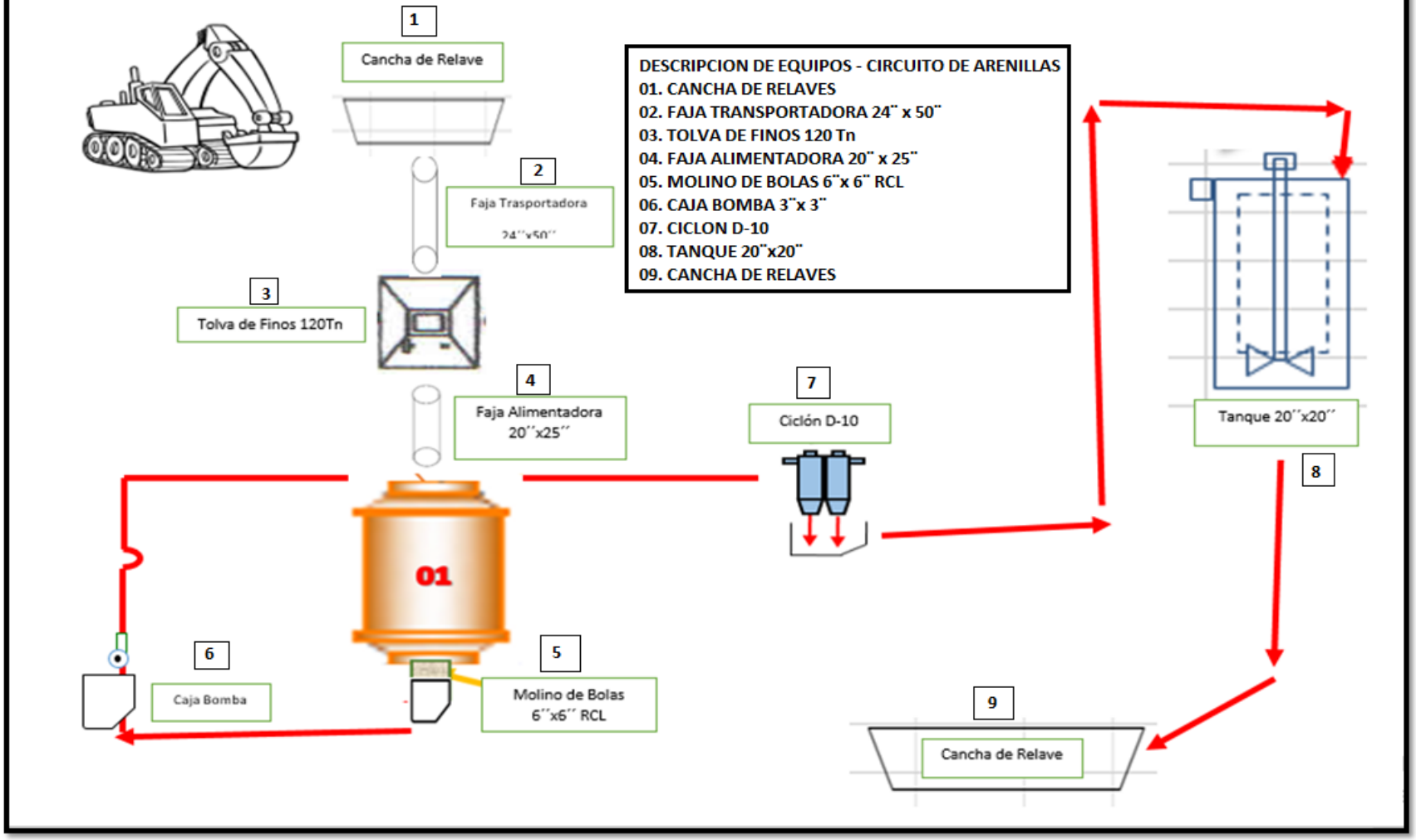


Figura N°3.15 Consumo (g/TM). vs tiempo de agitación (h).
Fuente: Laboratorio Metalúrgico-Century Mining Perú S.A.C.

En la Figura N° 3.17 nos representa el consumo de reactivos NaCN y CaO para el tiempo de cianuración de 48 horas.

FLOWSHEET DE CIRCUITO DE ARENILLA - PLANTA SAN JUAN DE CHORUNGA



3.6. Diseño experimental - evaluación

3.6.1. Determinación de los parámetros :

Se realizo el circuito de arenillas de acuerdo a :

- El relave presenta:

Ley	6.67 g
Ph natural	7
G.E.	3.125 Kg/L
Malla -200	59%
Humedad	12.40%

- El barren (Solucion pobre) presenta:

CC NaCN	400 ppm	0.04%
Ley	1.411 g/m3	
Ph	9	

3.6.2. Parámetros en la etapa de molienda

La alimentación al molino 6x6 es el relave con solución barren, obteniendo los siguientes parámetros (Ver tabla N°3.6).

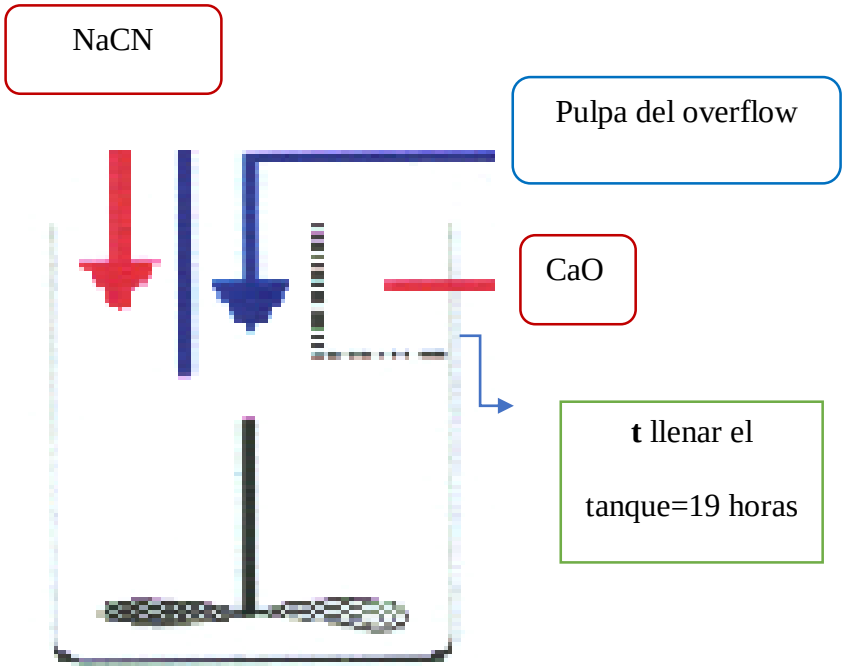
Tabla N°3.6 Parámetros en la molienda.

Tanque	**N°**		**3**	**4**	**5**	**1**
G.E.			3.125	3.125	3.125	3.125
Arenilla	Ley	(g/m^3)	6.688	6.704	6.709	6.703
Barren	(g/m^3)		1.41	1.41	1.41	1.306
Concentración de Cianuro	Molino	ppm	320	400	380	380
Densidad de Pulpa de Promedio	Molino	(g/L)	1.726	1.727	1.729	1.753
Concentración de Oro , en el molino	Solución	(g/m^3)	2.215	2.107	1.951	1.951
	Solido	(g/TM)	7.2	6.07	6.53	6.72
Densidad de Pulpa de Promedio	Caja Bomba	(g/L)	1.537	1.55	1.54	1.55
Concentración de Cianuro	O/F	ppm	1.354	1.323	1.334	1.334
	Solución	(g/m^3)	1.92	2.047	2.047	1.98
Overflow	Solido	(g/TM)	6.54	5.53	5.24	5.92

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3. Seguimiento en la etapa de Cianuración:

TANQUE



Diámetro :	6.09 m
h:	6.09 m
Dp llenado:	1.32 g/L

- Hallamos el volumen efectivo del tanque:

$$V=\pi(D/2)2(h)x\ 0.9$$

$$V=3.14\left(\left(\frac{6.09}{2}\right)^2\right)(6.09)\times 0.9$$

$$V=159.57\ m3$$

Tabla N°3.7 Cianuración hasta las 48 h

Horas	NaCN (%)	Ph	Reactivo Agregado			Ley de Solución calculada (g/m3)	Gramos en Solución	Ley de solido (g/m3)	Gramos en Solido	%recup.
			NaCN (Kg)	CaO (Kg)	Cons. NaCN Acum					
0	0.04	9.5	450	50	450	0	0.00	6.67	476.536	0.0
6	0.154	10.5	0	0	450	1.45	209.22	3.74	267.317	43.9
12	0.16	11	0	0	450	1.89	273.55	2.84	202.989	57.4
18	0.154	10	0	0	450	2.00	289.27	2.62	187.265	60.7
24	0.148	10	0	0	450	2.04	294.99	2.54	181.547	61.9
36	0.112	10.5	0	0	450	2.19	316.43	2.24	160.104	66.4
48	0.12	10.13	0	0	450	2.23	322.87	2.15	153.671	**67.8**

Fuente: Elaboración propia

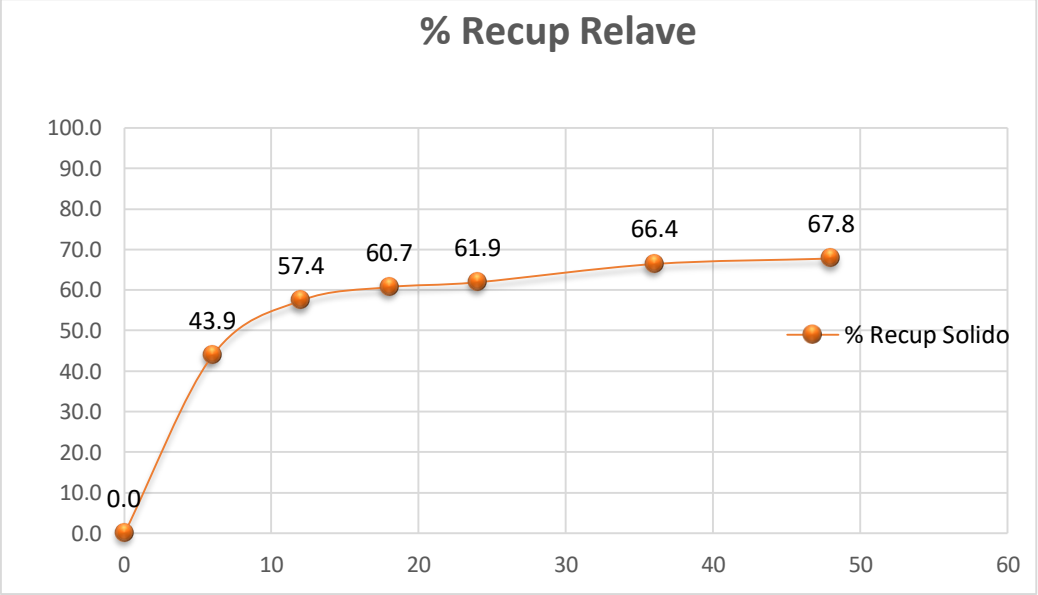


Figura N°3.16 Tiempo de agitación vs. Recuperación de oro.
Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura Nª 3.**18 nos representa el % de recuperación en la etapa de cianuración y la más alta recuperación se da a un tipo de horas con una recuperación de 67.8, a tiempos mayores la recuperación es nula.

- Consumo de Reactivos:

Consumo de Reactivos		
NaCN:	6.30	Kg/TM
Cal:	0.70	Kg/TM

3.6.4. Parámetros en el tanque lleno

Se hace el seguimiento del tanque desde su llenado, obteniendo los siguientes parámetros (**Ver tabla Nº3.8)**

Tabla N°3.8 Parámetros en el Tanque

Tanque N°			3	4	5	1
G.E.			3.125	3.125	3.125	3.125
Arenilla	Ley	(g/m³)	6.688	6.704	6.709	6.703
% Malla -200	Inicial		59%	59%	59%	59%
	Overflow		80.92%	82.50%	81.30%	81.80%
Ph			11	11	11	11
% Solidos			38.13	35.65	36.49	36.49
Tonelaje en Tanque			82.13	75.09	77.44	77.44
Volumen total efectivo (m³)	Sólidos	(g/TM)	26.28	24.03	24.78	24.78
	Solución	(g/m³)	133.3	135.5	134.8	134.8
	Volumen	(m³)	133.29	135.5	134.8	134.8
Barren	ley	(g/m³)	1.41	1.41	1.41	1.38
	Contenido de Solución	(g/Au)	4.24	5.64	6.53	1.38
Contenido metalico en el tanque	Sólidos	(g/TM)	2.3	2.3	2.3	2.3
	Solución	(g/m³)	4.39	4.40	4.41	4.40
Ley decabeza Calculada		g/TM	7.128	7.64	7.701	7.558
Contenido de Oro en el Tanque	Barren	g/Au	188.34	191.27	176.04	188.28
		%	32.20%	32%	29.62%	31.39%
	Disolución	g/Au	396.53	401.1	418.25	407.2
		%	67.73%	68%	70.13%	66.57%
Relave	Ley	(g/TM)	2.3	2.3	2.29	2.3
	Adsorción	95%				
Onzas de Au	Desorción	97%	15.97	16.173	16.22	16.22
	Fundición	97%				

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del tanque optimo #4

4.1.1. Parámetros óptimos en la etapa de molienda (Ver tabla N°4.9)

Tabla N°4.9 Parámetros óptimos en la etapa de molienda

Tanque		**N°**	**4**
Arenilla		(g/TM)	6.704
Barren		(g/m³)	1.411
Ph Barren			9
Concentracion de Cianuro	Molino	ppm	400
Densidad de Pulpa	Molino	(g/L)	1727
Ley de Au en la pulpa de descarga del molino	Solución	(g/m³)	2.107
	Solido	(g/TM)	6.07
Concentracion de Cianuro	O/F	ppm	400
Overflow	Solución	(g/m³)	2.047
	Solido	(g/TM)	5.53

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Parámetros óptimos en la etapa de cianuración (Ver tabla N°4.10).

Tabla N°4.10 Parámetros óptimos en la etapa de cianuración

Tanque	4	
G.E.	3.125	
%Malla	(-200)	82.50%
Consumo de Reactivos	NaCN	6.3 (Kg/TM)
	CaO	0.7(Kg/TM)
CC de NaCN	ppm	1540
Ph		11
%Sólidos	%	3565.00%
Tonelaje	TMs	75.09

Fuente: Propia

4.2.1. Evaluación de parámetros óptimos en la etapa de cianuración

Diámetro: 6.09 m

Altura: 6.09 m

Dp llenado: 1.32 g/L

- Hallamos el volumen efectivo del tanque:

$$V=\pi(D/2)2(h)x\ 0.9$$

$$V=3.14\left(\left(\frac{6.09}{2}\right)^2\right)(6.09)\times 0.9$$

V=159.57 m3

- Hallamos Porcentaje de solidos:

$$\%S=((Dp-1)*g.e.)\ /\ ((g.e.-1)*Dp)\ x\ 100$$

$$\%S=\left(\frac{(1.32-1)(3.125)}{(3.125-1)(1.32)}\right)\times 100$$

%S=35.65

%L=64.35

- Hallamos el Tonelaje seco (TMS):

T=Vefec (Dp)%S

T=(159.57)(1.32)(35.65/100)

T=75.09

- Hallamos el Volumen de solidos:

Vsolid= T x g.e.

Vsolid= 24.02m3

Vsoluc= 135.56 m3 → barren

- Hallamos contenido en solución Barren:

(Vsoluc barren) (ley)

→ 191.14 gramos

4.3. Contenido metálico de AU:

Tabla N°4.11 Contenido metálico de AU:

	Ley	Contenido Fino	ley cabeza calculada g/TM
Contenido solido	2.3	172.69	
Contenido Solución	4.37	592.38	7.64
		765.07	

Fuente: Elaboración propia.

a) Contenido de oro fino:

Fino Au	Barren	Disolución
592.38	191.27	401.11
	32%	68%

(592.39) (0.95) = 562.770

La absorción de oro en planta de San juan de Chorunga se da con una recuperación de 95%, la desorción con 97% y la fundición 97% para la recuperación de onzas de oro en barra.

	Adsorción	Desorción	Fundición	Onzas
562.7605	95	97	97	16.173

Recuperación de Au

La recuperación de Oro de la cancha de relaves es en un 12% (aprox. 114 oz. al mes) del total de la producción de la planta de San Juan de Chorunga.

CONCLUSIONES

1. La mayor recuperación de Au fino se obtiene en los parámetros; Fuerza de Cianuro de Barren 400 ppm, Granulometría: 82 % m-200, Tiempo de Cianuración 48 horas, Fuerza de cianuro en tanque 1 540 ppm, Densidad de pulpa 1320 Kg/L, % de solidos 35.5%, PH 11, Consumo de reactivos: NaCN 7.64 Kg/TM y CaO 3.64 Kg/TM.
2. El uso de la solución barren de la desorción ayuda en la liberación de oro en solución en la etapa de molienda ya que cuenta con una concentración de 0.4 % de cianuro y en la evaluación económica el porcentaje de consumo de cianuro disminuye al utilizar solución barren de la desorción.
3. La mayor recuperación de concentración de oro en solución en la etapa de cianuración se da en un tiempo de 48 horas de agitación con una recuperación de 67.8 %.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el control estricto de las variables a trabajar, sobre todo la concentración de cianuro y la granulometría.
2. Realizar pruebas contantes a nivel de laboratorio ayuda a mejorar la operación constantemente
3. Se recomienda el continuo recargue de cuerpos moledores al molino para una eficiente molienda.
4. Se debe controlar los parámetros establecidos para evitar mayor ratio de consumo de reactivos y transporte excesivo de solución y agua a los tanques de Cianuración.
5. Controlar la concentración de cianuro en los tanques para su correcta disolución.

BIBLIOGRAFÍA

Bolivar Grimaldos, R. (2019). *Extracción de oro por cianuración Consulta: 19 de Mayo del 2019 https://www.monografias.com/trabajos88/extraccion-oro-cianuracion/extraccion-oro-cianuracion.shtml.*

Bullion Valult. (2019). *Propiedades del Oro Consulta: 19 de Mayo del 2019 https://oro.bullionvault.es/guia-oro/propiedades-del-oro.*

Cianuración de Minerales Auríferos – Oro. (2019). *Metallurgist Consulta https://www.911metallurgist.com/metalurgia/contactos/?referrername=https://www.911metallurgist.com/metalurgia/cianuracion-minerales-auriferos-oro/10* .

Gama Peru. (2019). *La amalgamación como técnica de procesamiento Gama Perù Consulta: 19 de Mayo del 2019 http://www.gama-peru.org/libromedmin/capitulo/5/5-3-1.htm 21.*

Henley. (1975). *Ocurrencia del Oro precious metals recovery from low-grade resources,10 p. IC-9060 8.*

Hidrociclones tripod. (2009). *Hidrociclones Tripod http://taninos.tripod.com/hidrociclon.htm.*

Horton, R. C. (1986). *Precious Metals Recovery From Low-Grade Resources.* IC9059.

Jigs Gama Perù. (2019). *Jigs Gama Perù http://www.gama-peru.org/libromedmin/capitulo/5/5-4-2-1-3.htm* .

Molino a Bolas. (2019). *Molino a Bolas -Uso y Funcionamiento 911 Metallurgist https://www.911metallurgist.com/metalurgia/molino-a-bolas/.*

Paucar Toribio, L. (2015). *Cianuraciòn de Menas de Oro Consulta: 19 de Mayo del 2019 https://es.slideshare.net/luixpaucartoribio/cianuracin-de-menas-de-oro.*

Paz Rubio, Jose Antonio;. (2019). *Estudio De La Implementación De Adsorción En Carbón En Pulpa Como Complemento De La Planta De Cianuración Marañon Parala Compañía Minera Poderosa S.A Consulta: 19 de Mayo del 2019 http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/12049/1.*

Procesamiento de Minerales. (2012). *Procesamiento de Minerales procesaminerales.blogspot Consulta: 19 de Mayo del 2019 https://procesaminerales.blogspot.com/2012/09/molienda-etapas-y-tipos.html.*

Salas Ocaranza, M. (2014). *Las tolvas de finos https://es.scribd.com/document/222806827/LAS-TOLVAS-DE-FINOS-docx.*

Wikipedia. (2017). *Velocidad del aire Wikipedia Consulta: 19 de Mayo del 2019 https://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_del_aire* .

Wikipedia.(2019).*Electrodeposición https://es.wikipedia.org/wiki/Electrodeposici%C3%B3n.*

Balanza de Laboratorio. (2018). *Balanza de Laboratorio Direct Industry Consulta: 19 de.Mayo.del.2019 https://www.google.com/search?q=balanza+marcy&rlz=1C1CHBF_esPE843PE843&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiy-dC12dfhAhWBY98KHdEuAU8Q_AUIDigB&biw=1904&bih=952#imgdii=-5CNcygf84eseM:&img.*