UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

AMPLIACION DE PLANTA DE BENEFICIO MINERA PARAISO S.A.C. DE 50 TMD A 250 TMD

Informe Técnico presentado por el Bachiller
LAVA TRIVIÑOS, EDSON YOCELIN
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO METALURGISTA

AREQUIPA – PERU

2018

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a DIOS que me ha guiado todo este tiempo.

A mis padres que me dieron vida, educación, apoyo y consejos para poder salir adelante y no rendirme en el camino.

A mi esposa e hijas por su cariño y dedicación para poder cumplir mis metas.

A la familia Chávez Sierra por su apoyo y empuje.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos quienes sin su ayuda no hubiera podido terminar este proyecto.

A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi corazón.

AMPLIACION DE PLANTA DE BENEFICIO MINERA PARAISO S.A.C. DE 50 TMD A 250 TMD

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	
CAPITULO I - ANTECEDENTES	1
CAPITULO II - INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO III - DESCRIPCION DEL PROYECTO	4
CAPITULO IV - ASPECTOS LEGALES	
4.1. Legislación Aplicable	5
4.2. Derechos Planta de Beneficio	5
4.3. Política Ambiental General	6
4.4. Política Ambiental Sectorial	6
CAPITULO V - PLANTA ACTUAL	
5.1. Operación de Minera Paraíso	8
5.2. Procedencia del Mineral	9
5.3. Ley del Mineral	9
5.4. Sección Recepción, Muestreo y Chancado	10
5.4.1. Balanza del área de recepción	10
5.4.2. Recepción del mineral	10
5.5. Muestreo de Minerales Nuevos	11
5.6. Chancado	11
5.6.1. Chancado primario	11
5.6.2. Chancado secundario	12

5.6.3. Tolva de gruesos 14
5.7. Molienda 17
5.7.1. Área de molienda y clasificación 17
5.7.2. Velocidades de los molinos 20
5.8. Tanques Agitadores 23
5.8.1. Sección absorción-desorción-intercambio iónica y fusión 24
5.8.2. Condiciones del carbón 25
5.9. Cancha de relaves 27
5.9.1. Área de cancha de relaves 27
5.10. Reactivos a utilizar 29
5.10.1. Cianuro de sodio (NaCN) 29
5.10.2 Soda cáustica 29
5.10.3 Carbón activado 29

CAPITULO VI - MATERIA PRIMA E INSUMOS

6.1. Capacidad de Planta 31
6.2. Programa de Producción 31
6.3. Suministros y Reservas 32
6.3.1. Consumo de materias primas 32
6.3.2. Agua 32
6.3.3. Combustible 33
6.3.4. Energía eléctrica 33
6.3.5. Disponibilidad de vías de comunicación 34
6.3.6. Envases 35
6.3.7. Mantenimiento 35
6.3.8. Disponibilidad de mano de obra 35

CAPITULO VII - CALCULOS DE INGENIERIA PARA LA AMPLIACION DE LA MINERA PARAISO S.A.C DE 50 A 250

7.1. Capacidad de Planta como base de cálculos 36
7.2. Balance de Materia 36
7.3. Dimensionamiento de los equipos en la sección recepción de minerales

para la ampliación a 250 TM 37
7.3.1. Faja Nº 1, Faja Nº 2, Faja Nº 3 37
7.4. Volumen de tolva de finos 37
7.4.1. Chancado primario 38
7.4.2. Chancado secundario 38
7.4.3. Chancadora cónica 38
7.5. Dimensionamiento de los equipos en la sección molienda para la ampliación a 250 TM 39
7.5.1. Molienda primaria 40
7.6. Calculo del tiempo de residencia 47
7.7. Tanques Agitadores 47
7.8. Gravedad específica del mineral 50
7.9. Producto final a obtener 55
7.10. Relavera 56
7.11. Características de la relavera 57
7.12. Equipo y maquinaria 58

CONCLUSIONES
ANEXOS
AGRONIMOS
BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Balance metalúrgico de molienda	27
Tabla N° 2	Dimensiones de agitadores	28
Tabla N° 3	Balance metalúrgico de mineral	30
Tabla N° 4	Balance metalúrgico de relaves	30
Tabla N° 5	Balance metalúrgico de carbón activado	31
Tabla N° 6	Consumo de reactivos mensuales	35
Tabla N° 7	Consumo de energía eléctrica	39
Tabla N° 8	Densidades, % solidos dilución	59

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORME TECNICO

AMPLIACION DE PLANTA DE BENEFICIO MINERA PARAISO S.A.C. DE 50 TMD A 250 TMD

RESUMEN

Minera paraíso es una empresa que se dedica a la comercialización de minerales auríferos y argentíferos, de diversas partes del Perú, para poder alcanzar las metas de comercialización a ubicados centros de acopio estratégicos en diversas partes.

El mineral que llega a la planta es tratado mediante el proceso de lixiviación por tanques (heap leaching) teniendo como producto carbón activado, cargado de oro y plata.

Las etapas que tiene el proceso de Minera Paraíso son: Acopio, Recepción, chancado, muestreo, molienda y clasificación. Lixiviación y adsorción. De todo este proceso la parte estéril denominado Relave es depositada en una relavera acondicionada para estos fines.

El producto obtenido (carbón activado cargado de oro y plata) es llevado hacia lima para terminar el proceso con la etapa de Desorción, electro-obtención y fundición; para así obtener barras dore que serán exportadas al extranjero.

Palabras Claves: Chancado, Molienda, Cianuración Desorción

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

TECHNICAL REPORT

EXTENSION OF MINING BENEFIT PLANT PARAISO S.A.C. FROM 50 TMD TO 250 TMD

ABSTRAC

Mining Paraíso is a company dedicated to the commercialization of gold and silver minerals from different parts of Peru, in order to reach marketing goals at strategic collection centers located in different parts.

The mineral that arrives at the plant is treated through the heap leaching process, with activated carbon, loaded with gold and silver, as a product.

The stages of the Mining Paraíso process are: Collection, Reception, crushing, sampling, grinding and classification. Leaching and adsorption. Of all this process the sterile part called tails is deposited in a tails conditioned for these purposes.

The product obtained (activated carbon loaded with gold and silver) is taken to Lima to finish the process with the desorption, electro-obtaining and casting stage; in order to obtain gold bars that will be exported abroad.

Key Words: Crushing, Grinding, Desorption Cyanidation

CAPITULO I

ANTECEDENTES

La actual empresa Minera Paraíso S.A.C., desea concretar la ampliación de su planta de beneficio, para ello inició en el año 2004 los trámites consistentes en la solicitud de aprobación del proyecto Planta de Beneficio Paraíso, el cual dio lugar a emitirse la R.D. de ratificación de Categoría II y aprobación de los Términos de Referencia para el desarrollo del EIA el 14 de julio del 2006, razón por la cual se presentó el EIA para su revisión y fue aprobado DGAAM del MEM.

De igual manera se siguió el trámite de aprobación del EIA ante el DREM de la Región Arequipa, al cual pertenece Chala donde se construyó la planta.

El proyecto ocupa una porción en la vertiente Este de la quebrada El totoral, la misma que atraviesa la Pampa de Aguada y desemboca en la Playa de Chala.

La planta metalúrgica se encuentra aproximadamente a 2.5 km de la capital del Distrito de Chala.

El terreno sobre el cual viene operando la planta de tratamiento de Minera Paraíso fue adquirido de la Municipalidad Provincial de Caravelí; cuya extensión superficial es de 51,491.93 m^2 y tiene un perímetro de 898.17 m.

Se informa que se realizaron estudios previos sobre la planta de beneficio en tiempos pasados en base a 50 Tn.

El presente “Proyecto de ampliación de la planta de Cianuración de 50 a 250 TMD” justifica la voluntad que tienen los propietarios de realizar un trabajo formal y bien establecido, con mejor tratamiento del ambiente y participación de especialistas.

CAPITULO II

INTRODUCCIÓN

El mineral que se trata en Minera Paraíso es de media a alta ley por los costos altos del proceso de recuperación de oro por Cianuración.

La ley promedio del oro es de 12-16 gr/TM. El nuevo mineral es analizado por laboratorio metalúrgico para determinar la ley de cada nuevo mineral.

La Planta Minera Paraíso tiene una capacidad de tratamiento de 50 TMD y se desea ampliar hasta 250TMD.

La planta cuenta con las operaciones de: Clasificación, chancado, molienda, cianuración y disposición de relaves.

Este es un circuito de chancado-molienda-agitación donde se utiliza cianuro y soda caustica, su producto final es carbón cargado.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto tiene por objetivo aumentar la recuperación de oro mediante la ampliación de la planta de beneficio en la que se aplica el sistema de tanques de lixiviación de minerales auríferos y de amalgamas mediante la desorción y uso de carbón activado.

Los componentes del proyecto y su variación de acuerdo a su desarrollo se ubicarán en un flanco de la quebrada La Aguada a 2.5 km del Nor-Oeste del puerto de Chala.

La planta de Beneficio Minera Paraíso S.A.C., está ubicada en el Km 616 de La Panamericana Sur en El Asentamiento Humano La Aguadita, Distrito de Chala, Provincia Caravelí.

CAPITULO IV

ASPECTOS LEGALES

4.1. LEGISLACIÓN APLICABLE

A la fecha de presentación del presente, el marco legal del proyecto que sirve para orientar y justificar la realización del estudio por el titular de la planta de beneficio, tiene varios dispositivos legales entre los cuales se tomó en cuenta la Ley Nº 27651 de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, y su Reglamento dado por D.S. Nº 013-2002-EM.

4.2. DERECHOS PLANTA DE BENEFICIO

Los derechos de la planta de beneficio comienza a regir desde el día en que recibió la licencia de operación de una Planta de Beneficio de Minerales Auríferos dada por el MEM.

El propietario tiene la constancia de Productor Minero Artesanal.

Las coordenadas UTM de la planta son:

Vértices	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	8249504	578649
2	8249322	578482
3	8249391	578303
4	8249686	576468

Minera Paraíso tiene una extensión de 51.491 hectáreas y su inscripción corresponde a los Registros Públicos de Arequipa.

4.3. POLÍTICA AMBIENTAL GENERAL

- Ley General del Ambiente Nº 28611.
- Ley General de Aguas DL Nº 17752.
- Ley de Tierras Nº 26505.
- Ley de Áreas Naturales Nacionales Nº 26834.
- Ley Forestal y de Fauna Silvestre Nº 21147.
- Ley Orgánica de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales Nº 26821.
- Ley que Regula el Cierre de Minas Nº 28090.

4.4. POLÍTICA AMBIENTAL SECTORIAL

- Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería DS Nº 014-94-EM.
- Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero-Metalúrgicos DS Nº 016-93-EM.
- Registro de Entidades Autorizadas a realizar EIA en el Sector Energía y Minas R.M. Nº 143-92-EM-EM/VMM.
- Reglamento de Participación Ciudadana mediante el Procedimiento de Audiencias Públicas en el Trámite de Aprobación de EIA, R.M. Nº 335-96 EM/SG.

- Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental Nº 27446.
- Autorizan al INRENA a emitir Opinión Técnica de los EIA, D.S. Nº 056-97-PCM y su modificatoria D.S. Nº 061-97-PCM.
- Ley de Amparo y Patrimonio Cultural de la Nación Nº 24047.

CAPITULO V

PLANTA ACTUAL

5.1. OPERACIÓN DE MINERA PARAÍSO

La operación de beneficio de la Planta de Tratamiento Metalúrgico de Minera Paraíso es lixiviación de minerales auríferos y relaves, por el proceso de agitación en carbón en pulpa (CIP).

La composición mineralógica es la siguiente:

- Cuarzo
- Hematitas
- Limonitas
- Jarosita
- Goetita
- Pirita
- Arsenopirita
- Pirrotita
- Calcopirita
- Chalcopirita
- Crisocola
- Argentita

5.2. PROCEDENCIA DEL MINERAL

Los minerales o relaves provenientes de los productores mineros llegan a la Planta mediante camiones y volquetes de capacidad de 5 a 20 TMH, de diferentes partes.

De Empresas como:

- Minera Españolita
- San Andrés
- Relaves
- San Francisco
- Minera Divino Niño de Nazca
- Progreso Minero del Sur S.A
- Compañía Aurifica Eugenia

De zonas como: Mollehuaca, Secocha, San Francisco, San Andrés, Relave, Ocoña, Tanaka.

Principalmente de los departamentos de: Juliaca, Apurímac, Moquegua, Arequipa, Puno, Ica, Nazca.

5.3. LEY DEL MINERAL

El mineral que se compra a los proveedores tiene una ley promedio de 12 a 16 gr/TM de oro.

Determinación de los Tonelajes en el circuito:

- Tonelaje alimentado al circuito : 50 TMD
- %Humedad del mineral : 5%
- Tonelaje seco alimentado al circuito : 47.5 TMD

5.4. SECCIÓN RECEPCIÓN, MUESTREO Y CHANCADO

5.4.1. BALANZA DEL ÁREA DE RECEPCIÓN

- Capacidad Máxima : 80 Tm
- Margen de error de la balanza : 10 Kg

Los camiones previamente son pesados en la balanza electrónica de 80 TM de capacidad. Estos camiones luego de descargar el mineral son pesados sin carga para sacar la tara del camión y sacar por diferencia el peso del mineral descargado.

5.4.2. RECEPCIÓN DEL MINERAL

Los camiones que ingresan al área de recepción con toda su carga y almacenan el mineral en la cancha de recepción y/o alimentan directamente la tolva de gruesos.

Para esto se cuenta con 8 zonas diferentes para el almacenamiento y muestreo de mineral y relave:

Desde la zona 1 hasta la zona 6 y la zona 8 son zonas para almacenar el mineral chancado y poder ubicar el lote a procesar y la zona 7 es para almacenar los relaves.

Cada lote es codificado respectivamente para su posterior ubicación y clasificación.

5.5. MUESTREO DE MINERALES NUEVOS

El método de muestreo es el de coneo y cuarteo. Las muestras son preparadas y cuarteadas hasta obtener una muestra representativa de los minerales y relaves.

Luego se realiza la molienda de las muestras en molinos para muestras (2 c/u de 3 pies de diámetro x 1 pie de largo), embolsados e identificados para ser enviados al Laboratorio Químico para su análisis. Después se tendrán los certificados con los valores metálicos para ser pagados a los proveedores.

La determinación de la humedad sigue el procedimiento siguiente. La muestra es introducida en un horno a 160ºC por un tiempo de 30 minutos. Luego se aplica la formula siguiente:

$$\%\,\mathbf{Humedad} = \frac{(\mathbf{Peso\ húmedad\ -\ Peso\ seco})}{\mathbf{Peso\ Húmedad}} * \mathbf{100}$$

5.6. CHANCADO

El mineral que ingresa se almacena en la tolva de gruesos para que pase por el circuito de chancado y así poder obtener un tamaño adecuado para la molienda.

5.6.1. CHANCADO PRIMARIO

El mineral descargado de la tolva de gruesos mediante una faja trasportadora Nº 1 de 3 HP de 18” x 7.6 m de longitud es enviada a

la Chancadora de Quijada 10” x 16” (FUNVESA) de 10.5 HP con abertura del set de 1”. La reducción del mineral es de 1 a ½”.

El mineral contenido en la tolva de gruesos, pasa por una parrilla antes de alimentar a la trituradora primaria, confines de clasificación y aliviar el trabajo, así solo el 75% es triturado

5.6.2. CHANCADO SECUNDARIO

Mediante una faja transportadora Nº 2 de 3 HP de 18” x 7.6 m. de longitud el mineral pasa a la zaranda vibratoria de 7.5 HP de 2.5 pies x 4 pies con la finalidad de separar los minerales que tienen mayor de ½” de tamaño; los cuales van a una chancadora secundaria (cónica) 1.8 pies, mediante la faja transportadora Nº 3 de 2 HP de 18” x 4.5 m de longitud hasta alcanzar un diámetro a ½”. Los minerales menores de ½” de tamaño son transportados a la cancha de muestreo y posteriormente a la tolva de Finos de 50 TMH, con carretillas o pala mecánica.

En esta etapa el mineral es más uniforme, pasa entonces una mayor cantidad de finos por la zaranda vibratoria, aproximadamente un 50% (dato practico) el resto se alimenta a la trituradora secundaria (chancadora cónica).

- CHANCADORA DE QUIJADAS

- Potencia Instalada: 10.5 HP

- ZARANDA VIBRATORIA

- Potencia Instalada: 7.5 HP

- CHANCADORA CONICA

- Potencia Instalada: 20 HP

- VELOCIDAD DE FAJAS

<u>Faja transportadora N° 1</u>

LT = 7.6 m

Tiempo promedio = 13.05 seg.

Velocidad de faja:

$$\left(\frac{\mathbf{1\ Vuelta}}{\mathbf{13.05\ Seg}}\right) * \left(\frac{\mathbf{7.6\ mts}}{\mathbf{1\ Vuelta}}\right) = \mathbf{0.582} m/sg$$

<u>Faja transportadora N°2</u>

LT = 7.6 m

Tiempo promedio = 13.05 seg.

Velocidad de faja:

$$\left(\frac{\mathbf{1\ Vuelta}}{\mathbf{13.05\ Seg}}\right) * \left(\frac{\mathbf{7.6\ mts}}{\mathbf{1\ Vuelta}}\right) = \mathbf{0.582} m/sg$$

<u>Faja transportadora N° 3</u>

LT = 4.5 m

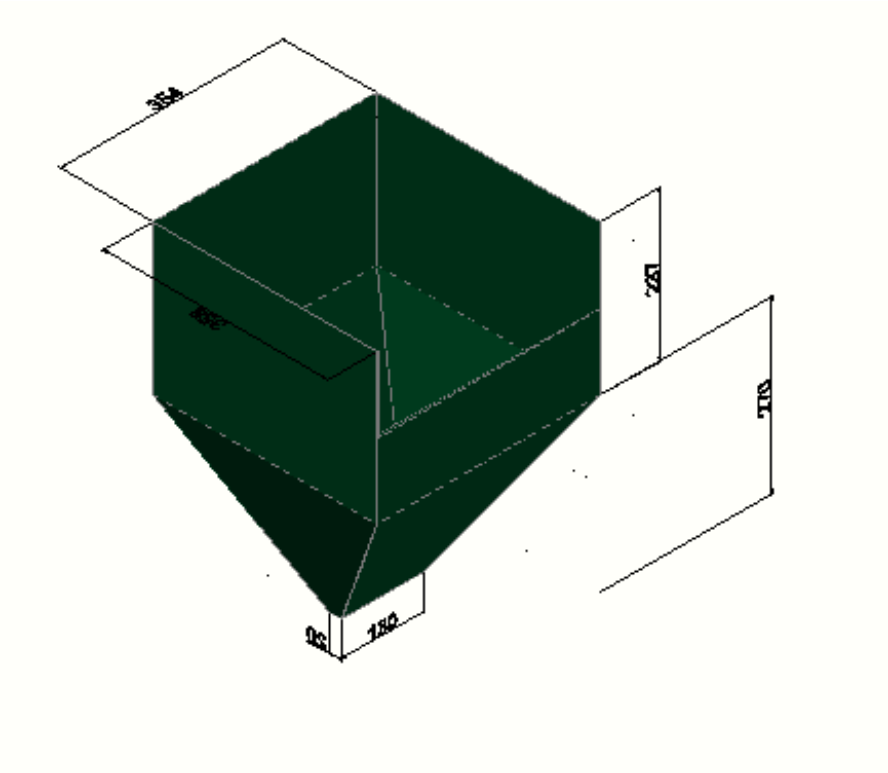
Tiempo promedio = 13.05 seg.

Velocidad de faja:

$$\left(\frac{\mathbf{1\ Vuelta}}{\mathbf{9.5 Seg}}\right) * \left(\frac{\mathbf{4.5\ \ mts}}{\mathbf{1\ Vuelta}}\right) = \mathbf{0.473}\ \ m/sg$$

5.6.3. TOLVA DE GRUESOS:

La tolva de gruesos tiene las siguientes dimensiones:



Volumen de la tolva= Volumen paralelepípedo + Volumen pirámide truncada

Volumen de la tolva = (3.54 x 3.56 x 1.20) + 1.2/3 x (12.6 + 0.26 + ((12.6 x 0.26)$^{1/2}$))

Volumen de la tolva = 15.1 + 5.86 = 20.96 m^3

Si tomamos una densidad aparente de 1.7 y un 20% de intersticios tenemos que:

Volumen de la tolva = 20.96 x 0.8 x 1.7

Volumen de la tolva = 28.5 = 30 TM

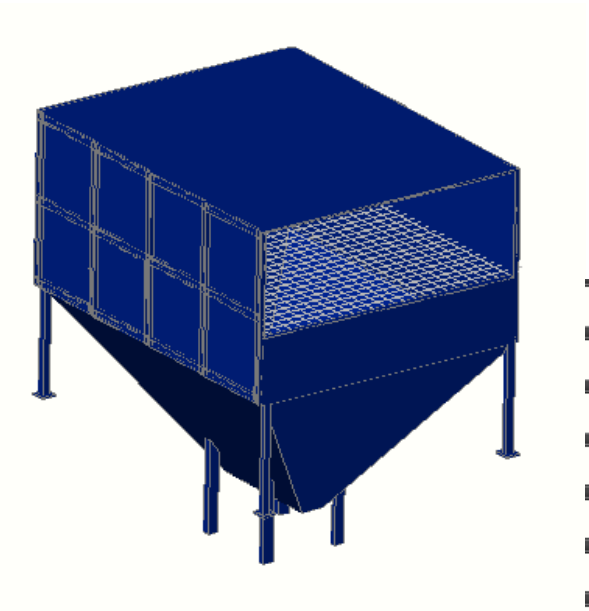
Abertura 6”

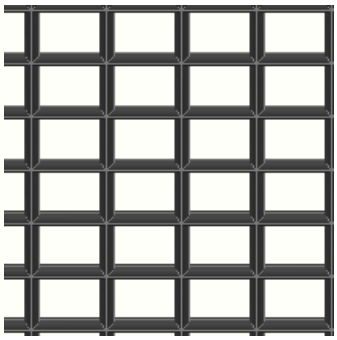
5.7. MOLIENDA

Una vez que el mineral ya ha sido chancado es colocado en su respectiva zona dependiendo si son óxidos o sulfuros.

Para su posterior tratamiento y proceso el área de recepción procede a mezclar todo el material entregado ya sea mineral y/o relave, juntándolos en una sola ruma para su proceso identificadlos con letras como D (difícil) F (fácil) BR (baja recuperación) J (Mineral procedente de Juliaca).

Una vez que el mineral ya está mezclado y clasificado se echa en la tolva de finos de las siguientes dimensiones y capacidad.





2”

Volumen paralelepipedo

L1= 4.8 m

L2= 3.78 m

H total= 2.34

H empleada = 1 .3

V paralelepípedo = 23.58 m^3

Volumen pirámide

L1= 4.8 m

L2= 3.78 m

A1 = 18.14 m^2

L =1.6 m

L = 0.3 m

A2 = 0.48 m^2

H= 2.3 m

V Pirámide truncada =16.54 m^3

Volumen de tolva = V paralelepípedo + V pirámide

Volumen de tolva =23.58 + 16.54

Volumen de tolva = 40.12 m^3

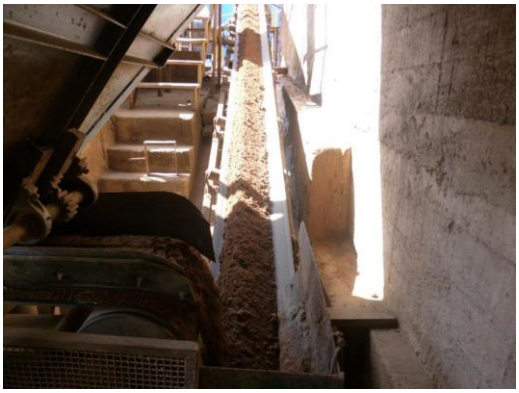
Volumen útil de tolva (considerando 10% de espacios libres) = 36.108 m^3

Capacidad de tolva = 36.108 x 1.7 (densidad aparente)

Capacidad = 61.38 TMH

La malla ubicada dentro de la tolva nos sirve como tamiz impidiendo que pasen partículas mayores a la abertura debida, lo cual nos sirve para poder evitar atoros o estancamientos en la zona inferior de descarga a la faja N° 1.

La cantidad de material pasante de la tolva hacia la faja es ajustable mediante un sistema de compuerta inclinada que nos permite regular el peso de ingreso que ira hacia el molino y que a su vez nos dará el corte de faja.

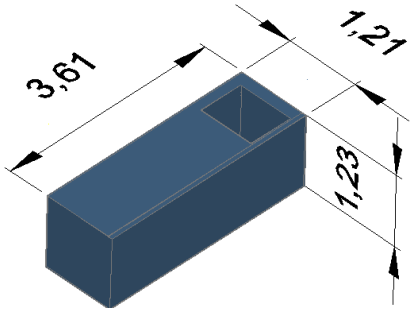


5.7.1. AREA DE MOLIENDA Y CLASIFICACION

5.7.1.1. Molienda Primaria (mineral)

El mineral chancado que se encuentra en la tolva de finos mediante la faja transportadora Nº 1 de 1.5 HP lleva el mineral al Molino de bolas 5´ x 5´.

Llegando primero tolvin corredizo del molino en el que se le adiciona agua recirculada y una solución de cianuro de sodio agitada por aire que se prepara generalmente a una concentración de 4% de cianuro y soda cáustica con un pH 14, teniendo en cuenta que se prepara en una cuba de las siguientes dimensiones:



Volumen = 3.61 x 1.23 x 1 .21

Volumen = 5.3 m^3

*Considerando un 5% de espacio vacío para agitación)

Volumen = 5.3 x 0.95= 5 m^3 □ 5000 lt}

Preparación de cianuro de sodio

Se preparan usualmente 200 Kg de cianuro de sodio

$$\boldsymbol{Concentracion\ de\ cianuro = \frac{200\ kg}{5000\ lt}\ x\ 100}$$

Concentración de cianuro =0.04 x 100 = 4 %

La pulpa resultante sale con una densidad de 1,800 a 2,000 gramos/litro y tamaños de 50 a 70% de malla -200. La pulpa que sale del molino 5’ x 5’ en enviado por la bomba B-1 al hidrociclón H-1; donde el over se descarga en el cajón y el under retorna al molino 5´ x 5´ en un circuito cerrado.

5.7.1.2. Molienda primaria (Relave de amalgamas)

Los relaves de amalgama conteniendo 50% de malla -200 de granulometría es enviada al repulpador de 3´ x 5´ pies al cual se adiciona solución de cianuro y agua y enviado mediante una tubería a un molino 2.5’ x 6’ del cual sale con una granulometría de 70% -malla 200 y enviado por la bomba B-3 al hidrociclón H-3 del cual el over es enviada a los tanques de agitación continua y el Under regresa al molino 2.5’ x 6’ como carga circulante.

5.7.1.3. Molienda secundaria, remolienda y clasificación

La pulpa del cajón es bombeada a el ciclón H-4; el over va directamente a los tanques y el under alimenta a el molino 4´ x 4´. La granza del molino 4’ x 4’ alimenta al molino 3’ x 6’; la pulpa del molino 3’ x 6’ es enviada por la bomba B-2 al ciclón H-2. El over va a al cajón y el under alimenta al molino 4’ x 4’ con la finalidad de realizar la remolienda para obtener densidades de pulpa de 1,800 a 2,000 gramos /litro 60 a 80% de malla -200.

Por otro lado se ejecutan los muestreos en la entrada a los tanques de agitación, cuyas características de la pulpa son:

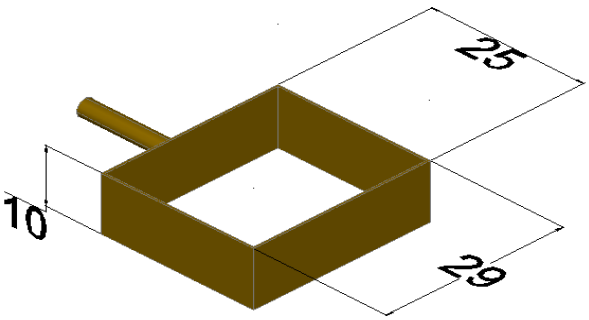
- Densidad 1300 a 1350 gr/litro
- pH 11.2 -11.5 -Básico
- CNNa 0.10% a 0.15%
- % de Malla -200 80 a 95%

Factor de faja

Para hallar el factor de faja se toma una distancia específica, una distancia de corte y se toma el tiempo que tarda la faja en recorrer la distancia tomada.

El corte de faja lo hacemos mediante un cortador de fierro que nos permite tomar una muestra representativa de la faja, que en este caso la distancia es de 29 cm

Dimensiones (cm)



Ahora bien, la velocidad de la faja al igual que el material a tratar es cambiante, es decir que la velocidad no se mantiene constante, ya sea por el tipo de material o por algún inconveniente mecánico, con lo cual el factor de faja también cambiara.

$$Factor\ de\ faja = \frac{kg}{(dist.corte)m} x \frac{(veloc)m/s}{s} x \frac{3600\ s}{1\ h} x \frac{TM}{1000\ kg}$$

Distancia tomada: 1.40 m **Corte de faja: 0.29 m**

5.7.2. VELOCIDADES DE LOS MOLINOS

- MOLINO BOLAS 5’ x 5’ (Nº 1)

El molino 5’ x 5’ actuara como molino primario:

Velocidad critica

$$\boldsymbol{Vc = \frac{42.3}{(D)^{1/2}} = \frac{42.3}{(5 * 0.3046)^{1/2}} = 34.28\, rpm}$$

Velocidad Operación

Para un molino de bolas la velocidad de operación está entre 70% - 85% de la Velocidad crítica; en nuestro caso tomaremos el 80%.

$$\boldsymbol{Vo\ máx = 0.80 * 34.28 = 27.4\, rpm}$$

- MOLINO DE BOLAS 4’ x 4’ (Nº 2)

Velocidad critica

$$\boldsymbol{Vc = \frac{42.3}{(D)^{1/2}} = \frac{42.3}{(4 * 0.3046)^{1/2}} = 38.32\, rpm}$$

Velocidad Operación

Para un molino secundario la velocidad será de 65 a 70%. En nuestro circuito trabajamos al 70%.

$$\boldsymbol{Vo\ máx = 0.70 * 38.32 = 27.10\, rpm}$$

- MOLINO DE BOLAS 3’ x 6’ (Nº 3)

Velocidad critica

$$\boldsymbol{Vc = \frac{42.3}{(D)^{1/2}} = \frac{42.3}{(3 * 0.3046)^{1/2}} = 44.25\ rpm}$$

Velocidad Operación

Para el molino de bolas de 3’ x 6’ le corresponde trabajar con el 80%.

$$\boldsymbol{Vo\ máx = 0.80 * 44.25 = 35\ rpm}$$

- MOLINO DE BOLAS 2.5’ x 6’ (Nº 4)

Velocidad critica

$$\boldsymbol{Vc = \frac{42.3}{(D)^{1/2}} = \frac{42.3}{(2.5 * 0.3046)^{1/2}} = 48.47\ rpm}$$

Velocidad Operación

Para un molino de bolas la velocidad será de 65% a 70%. En nuestro circuito trabajamos al 70%.

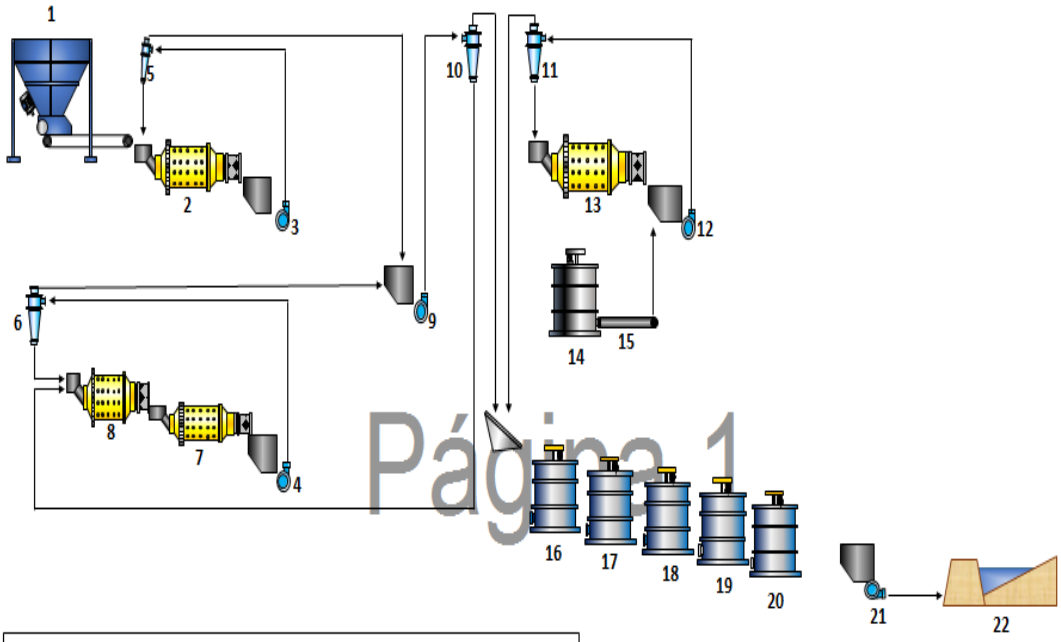
$$\boldsymbol{Vo\ máx = 0.70 * 48.47 = 34\ rpm}$$

Cuadro: Resumen de Velocidades

MOLINOS	5 ‘x 5’	4’ x 4’	3’ x 6’	2.5’ x 6’
V. Crítica	34.28 rpm	38.32 rpm	44.25 rpm	48.47 rpm
V. Operación	27.4 rpm	27.10 rpm	35 rpm	34 rpm

DIAGRAMA DE MOLIENDA (EN ESTE DIAGRAMA EL MOLINO 5 x 5 YA PERTENECE A LA AMPLIACION DE 250 TMD)

DIAGRAMA DE MOLIENDA



Página 1

LEYENDA

1	Tolva de finos 50 TMH	12	Bomba B3 2½" X 2 "
2	Molino 5' x 5'	13	Molino 2.5' x 6'
3	Bomba B1 2½" X 2 "	14	Repulpador
4	Bomba B2 2½" X 2 "	15	Tuberia
5	Hidrociclon H1 D-4	16	Tanque CIP 1 15' X 16'
6	Hidrociclon H2 D-4	17	Tanque CIP 2 12' X 12'
7	Molino 3' x 6'	18	Tanque CIP 3 12' X 12'
8	Molino 4' x 4'	19	Tanque CIP 4 15' X 16'
9	Bomba B4 2½" X 2 "	20	Tanque CIP 5 15' X 16'
10	Hidrociclon H3 D-4	21	Bomba B5 2½" X 2 "
11	Hidrociclon H4 D-4	22	Cancha Relavera

TABLA N° 1

Balance Metalúrgico: Sección Molienda

		tonelaje	Densidad	G. E.	% S	% agua	Dilución	M^3 H_2O	GPM
MINERAL	Descarga Molino 5 x 5	264.550	1950	2.6	79.167	20.833	0.263	69.619	32.474
	Alimentación H-1	264.550	1500	2.6	54.167	45.833	0.846	223.850	61.701
	Under Flow H-1	148.150	1900	2.6	76.974	23.026	0.299	44.319	19.196
	Over Flow H-1	116.400	1550	2.6	57.661	42.339	0.734	85.469	24.680
	Alimentación B-4	162.960	1550	2.6	57.661	42.339	0.734	119.656	34.552
	Alimentación H-4	410.311	1550	2.6	57.661	42.339	0.734	301.278	86.997
	Under Flow H-4	293.911	1900	2.6	76.974	23.026	0.299	87.922	38.083
	Under Flow H-2	201.124	1800	2.6	72.222	27.778	0.385	77.355	29.318
	Descarga Molino 4 x 4	495.035	1800	2.6	72.222	27.778	0.385	190.398	72.161
	Descarga Molino 3 x 6	495.035	1800	2.6	72.222	27.778	0.385	190.398	72.161
	Alimentación H-2	154.564	1450	2.6	50.431	49.569	0.983	151.922	40.054
	Over Flow H-2	46.560	1550	2.6	57.661	42.339	0.734	34.187	9.872
	Over Flow H-4	116.400	1300	2.6	37.500	62.500	1.667	194.000	45.247
RELAVE	Descarga tromel	31.635	1750	2.7	69.643	30.357	0.436	13.790	4.919
	Alimentación H-3	31.635	1500	2.7	54.167	45.833	0.846	26.768	7.378
	Under Flow H-3	40.609	1800	2.7	72.222	27.778	0.385	15.619	5.920
	Over Flow H-3	31.635	1550	2.7	57.661	42.339	0.734	23.228	6.708
	Alimentación Tk1	148.035	1300	2.6	37.500	62.500	1.667	246.725	57.544

FUENTE PROPIA

Nota: Las cantidades anotadas pertenecen tanto a la molienda primaria como a la molienda secundaria.

5.8. TANQUES AGITADORES

La pulpa que viene de la sección Molienda es enviada a los Tanques agitadores CIP (Carbón en pulpa) empezando por TK1 15’ x 16’ de 15 HP, pasando luego al TK2 de 12’ x 12’ de 12 HP, para luego continuar al TK3 de 12’ x 12’ de 12 HP, después al TK4 de 15’ x 16’ de 15 HP y finalmente al TK5 de 15’ x 16’ de 15 HP. En este punto se finaliza con el proceso de agitación. Se adiciona aire comprimido mediante una comprensora de aire

(cuyo motor es de 7 HP) al TK2 y al TK3 con la finalidad de aumentar la oxigenación que ayuda la cinética del proceso.

El tiempo de residencia en los agitadores es aproximadamente de 72 a 80 Horas dependiendo de su densidad de pulpa. Finalmente las pulpas sin valor metálico (relaves) son enviados a la Cancha de Relaves mediante una bomba de 2.5” x 2” de 6 HP. El carbón activado es enviado a los tanques reactores para realizar la desorción.

TABLA N° 2

Dimensiones de los Agitadores

AGITADOR	H (altura m)	D (diámetro m)	v=(3.1416*d2)h	95% Volumen	T Residencia
TQ 1	6	5.82	159.620	151.639	35.67
TQ 2	5.975	5.46	139.899	132.904	31.27
TQ 3	6	5.82	159.620	151.639	35.67
TQ 4	4.8	4.55	78.047	74.144	17.44
TQ 5	3.6	3.84	41.692	39.608	9.32
				Total	129.37

FUENTE PROPIA

5.8.1. SECCIÓN ABSORCIÓN-DESORCIÓN-INTERCAMBIO IÓNICA Y FUSIÓN

Después de realizar la cosecha del carbón activado (aproximadamente de 1600 a 1800 Kilos) conteniendo valores metálicos de los Tanques CIP, se llevan las cosechas de carbón a los Reactores para efectuar la desorción en caliente, mediante el uso de un caldero con la adición de alcohol etílico, Cianuro de Sodio, e Hidróxido de Sodio, A un pH de 14 y una temperatura de 85 - 95°C, antes de verter la misma a las celdas de electro deposición, cuyas dimensiones son 40 cm de ancho x 40 cm de altura x 133 cm de largo. Luego se envían las soluciones barren

nuevamente para la recirculación mediante una bomba 2” x 1.5” de 3.5 HP, al caldero para seguir calentando a una temperatura de 95 grados centígrados, para enjuagar el carbón que se encuentra en los reactores.

Los precipitados de la celda electrolítica (Cemento de Oro y otros elementos) se llevan a secado retorta y luego se lleva a fundición mediante un horno de crisol de 20 kg donde se obtiene el metal dore.

5.8.2. CONDICIONES DEL CARBÓN

El tamaño del carbón será considerablemente grueso de 3 mm con respecto al tamaño de la abertura de la malla N 30 de la canastilla del tubo de 4 pulgadas que se comunica entre tanque y tanque.

Los carbones que serán reutilizados son tamizados o zarandeados en mallas de numero 20 0 30.

PRODUCTO FINAL A OBTENER

Por tratarse de una planta de lixiviación para el beneficio de los minerales oxidados de oro que trabaja con carbón activado, el producto final es el oro adsorbido en el carbón activado con leyes promedio de 2.87 gr Au y 0,52 gr Ag por Kg de carbón.

El proceso productivo de recuperación de amalgamas de los relaves auríferos corresponde también al proceso de recuperación.

BALANCE METALÚRGICO

Las pruebas experimentales nos arrojan el siguiente balance promedio para una operación cuando el mineral es fresco de mina.

TABLA N° 3

Balance Metalúrgico Minerales Auríferos en Bruto

Entradas	TMS	Ley Au gr./TMS	Fino Au gr.	% Recuperación
Recuperación				
Mineral	50.00	14.00	700	93
Colas	50.00	0.98	49	

FUENTE PROPIA

Cuando la operación es con producto del relave de amalgamación.

TABLA N° 4.

Balance Metalúrgico de Relaves Auríferos de Amalgama

	TMS	Ley Au gr/TMS	Fino Au gr	%
Recuperación				
Relave	50.00	12.00	600.00	95
Colas	50.00	0.60	30.00	
Carbón	1800 Kg	0.19 Día	570.00	

FUENTE PROPIA

Desorción.- Se realiza cada semana con leyes promedio de 2.00 gr/Kg. de carbón

TABLA N° 5

Balance metalúrgico de carbón

Producto	Peso TM	Leyes gr/Kg	Recuperación
Carbón Actv. Rico	1800	2.00	98%
Carbón desorbido	1800	0.04	

FUENTE PROPIA

5.9. CANCHA DE RELAVES

5.9.1. AREA DE CANCHA DE RELAVES

El relave es recepcionado en un depósito de relaves, es utilizada para que pueda recircular la solución barren y el agua pueda utilizarse en planta.

La cancha de relaves se encuentra diseñada en un área de 6.266 Ha; la construcción es de un piso compactado e impermeabilizado con geomembrana para evitar el contacto directo de los relaves procesados con el suelo.

La cancha de relaves se encuentra delimitada por un dique perimetral que tiene una base corona de 10 m con una longitud aproximada de 1000 m en su fase. Los relaves cianurados estarán depositados sobre una geomembrana impermeable de 500 micras que asegura que no existe ningún tipo de filtración de soluciones hacia los suelos.

5.9.1.1. Sección relavera y recuperación de solución

a). Depósito de relaves

Las pulpas sin el valor metálico es decir los relaves, son enviados a un depósito de relaves mediante una bomba de 2.5” x 2” de 6 HP, mediante una tubería a una distancia aproximada de 1500 m donde se encuentra la cancha relaves. La pendiente es de 10 metros, acumulándose los relaves por el sistema Aguas abajo; es decir, las soluciones clarificadas deben reciclarse y enviarse a la Planta de Beneficio efectuando el circuito cerrado.

b). Ingeniería del Depósito de Relaves

Minera Paraíso S.A.C., por el volumen de tratamiento pequeño (50 TMSD) planificó su ubicación al lado norte de la Planta de Beneficio; esto es, a la margen izquierda de la quebrada, en los terrenos eriazos que se ubican dentro del denuncio minero Paraíso 1, cuya topografía circundante al depósito de relaves es relativamente plana.

Las coordenadas UTM del área son:

VERTICE	Norte	Este
A	8250000.00	577789.21
B	8250000.00	578000.00
C	8249700.00	578000.00
D	8249754.47	577849.62
E	8249866.04	577706.26

Las características de la cancha de relaves son que se encuentra diseñada en un área de 6.2662 Has.

Existen pozas de recuperación de soluciones de cianuro de 6.00 m de ancho, 10.00 m de largo y 1.00 m. de altura, cubierta con geomembrana para recuperar las soluciones que por rebalses o derrames se verterán por gravedad al circuito de la planta para ser juntadas a la solución barren.

La cancha de relaves estará delimitada por un dique perimetral que tiene 10 m de corona y una longitud de 100 m. Los relaves cianurados estarán depositados sobre geomembrana impermeable de 500 micras, lo que asegurará que no exista ningún tipo de filtración de soluciones.

c). Recuperación de Solución

La Planta de Beneficio tiene pozas de soluciones y pozas de contingencias para evitar las pérdidas de soluciones con contenidos de valores metálicos.

5.10. REACTIVOS A UTILIZAR

5.10.1. CIANURO DE SODIO (NACN)

El producto es proporcionado en latas de 50 y 100 Kg de capacidad para ser alimentado al proceso de disolución el Cianuro de Sodio. Para tal efecto el cianuro es descargado en un tanque de 6.0 m^3 de capacidad.

5.10.2. SODA CÁUSTICA

Es un producto químico que es un NaOH que se utiliza en el proceso para regular el pH de la pulpa que debe mantenerse entre 10 y 12 de pH

5.10.3. CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado tiene la propiedad de adsorber los metales disueltos por el cianuro durante el proceso de lixiviación, el mismo que se encuentra en los tanques de agitación. El carbón activado puede cargar hasta 60 gr de metal por cada kilo de carbón. Normalmente el carbón activado se retira de los tanques, para ser llevado al proceso de desorción.

TABLA N° 6

Cuadro Consumo de reactivos mensuales para las 50 TM

CONSUMO DE REACTIVOS MENSUALES							
Producto	Característica	Área	Lugar de Compra	Cantidad requerida	Unidad	Consumo	Unidad
Ácido Clorhídrico		Desorción	Lima	480	lt.	0.50	lt/TM
Ácido Nítrico	53%	Desorción	Lima	480	Kl.	0.50	Kg/TM
Agua Destilada		Desorción	Chala	420	lt.	0.47	lt/TM
Alcohol	Etílico rectificado	Desorción	Lima	660	lt.	0.73	lt/TM
Bórax		Desorción	Lima	48	Kl.	0.05	Kg/TM
Cianuro de Sodio		Planta	Lima	4,000	Kl.	4.45	Kg/TM
Floculante	Polvo	Planta	Lima	200	gr.	0.20	gr/TM
Gas Propano		Desorción	Chala	4	balón	4.00	c/u mes
Lana de Acero	Corrida N°0	Desorción	Lima	9	Kl.	0.01	Kg/TM
Nitrato de Plata		Planta	Lima	200	gr.	0.20	gr/TM
Papel Filtro	Semilento	Planta	Lima	260	hojas	1.00	hoja/TM
Papel Indicador		Planta	Lima	2	cj.	2.00	c/u mes
Soda Caustica	Escamas	Pla/Des	Lima	2,450	Kl.	2.72	Kg/TM
Yoduro de Potasio		Planta	Lima	100	gr.	0.10	gr/TM

FUENTE PROPIA

CAPITULO VI

MATERIA PRIMA E INSUMOS

6.1. CAPACIDAD DE PLANTA:

El abastecimiento de materia prima es un factor muy importante para determinar la capacidad y esta debe estar con concordancia con el total de reservas, una materia prima disponible de 91250 TM/Año que resulta en 250 TM/día.

6.2. PROGRAMA DE PRODUCCION:

El programa de producción puesta en marcha, se cumplirá bajo las siguientes directivas:

- Horas de trabajo por día : 24
- Turnos por día : 2
- Días trabajados al mes : 30
- Meses trabajados al año : 12
- Días trabajados al año : 365
- TM de mineral tratado/día : 250

6.3. SERVICIOS Y SUMINISTROS:

6.3.1. CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS:

De acuerdo al balance de materia; 250 TM de mineral/día anualmente se necesitaría:

$$\frac{\mathbf{250}\ \boldsymbol{TM}}{\boldsymbol{día}} * \frac{\mathbf{330}\ \boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}} = \mathbf{91250}\ \boldsymbol{TM\ de\ mineral}$$

Cianuro de Sodio:

Anualmente se necesitaría:

$$\frac{\mathbf{400}\ \boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{día}} * \frac{\mathbf{365}\ \boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}} = \mathbf{146000}\ \boldsymbol{Kg/año}$$

Esta cantidad disminuye al usarse agua recirculada de colas del circuito.

Cianuro de Sodio:

Anualmente se necesitaría:

$$\frac{\mathbf{400}\ \boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{día}} * \frac{\mathbf{365}\ \boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}} = \mathbf{146000}\ \boldsymbol{Kg/año}$$

6.3.2. AGUA:

Balance de Agua

Se considera que un porcentaje (aproximadamente 50%) del personal de planta no reside en las instalaciones de la misma,

entonces se considera que el consumo de agua para uso será de 8 m^3/mes, en lo que se refiere al consumo humano.

En conclusión, para la ampliación se estima un requerimiento de 12525 m^3 de agua mensual, ya que todo es recirculado o reutilizado. Se considera una pequeña pérdida por evaporación del 5%.

6.3.3. COMBUSTIBLE:

Existirá la necesidad de comprar petróleo Diesel Nº 2, que ha de servir como combustible en el grupo electrógeno.

$$\frac{\mathbf{20}\ \boldsymbol{gal}}{\boldsymbol{hora}} * \frac{\mathbf{24}\ \boldsymbol{hr}}{\boldsymbol{día}} * \frac{\mathbf{330}\ \boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}} = \quad \mathbf{158400}\frac{\boldsymbol{gal}}{\boldsymbol{año}}$$

6.3.4. ENERGÍA ELÉCTRICA:

La planta operara con energía eléctrica del Mantaro, para lo cual Minera Paraíso cuenta con la conexión respectiva con una potencia de 200 KW.

La energía eléctrica para alumbrado y fuerza motriz será suministrada por un grupo electrógeno Diesel ya instalado y en funcionamiento. Este grupo electrógeno hará frente a los nuevos equipos.

La fuente de energía eléctrica proviene de la generación eléctrica del Mantaro, este abastecimiento viene funcionando hace un año y medio. Se presenta el cuadro de consumos de energía eléctrica

TABLA N° 7

Consumo de energía eléctrica

Estación Paraíso (Kw/h)	Sección Recepción Chancado y Muestro (Kw/h)	Sección Molienda Primaria (Kw/h)	Sección Molienda Secundaria y Clasificación (Kw/h)	Sección Cianuración (Kw/h)	Absorción, Desorción e intercambio iónico (Kw/h)	Sección Relavera y recuperación de agua (Kw/h)	Sección de oficinas y campamentos (Kw/h)
200	23.65	60.00	29.97	60.73	2.69	9.10	5

El almacenamiento de combustibles será en un tanque de almacenamiento de capacidad 1,500 galones, debajo de este tanque se construirá diques de contención de una capacidad de 10% de más para evitar las posibles contingencias de derrame de este elemento; de ésta manera se evitará posibles impactos de los suelos.

Bolas en los Molinos:

Para un gasto promedio de 0.5 lb/TM de mineral

$$\frac{\mathbf{0.5}\boldsymbol{Ib}}{\boldsymbol{TM}} * \frac{\mathbf{250}\,\boldsymbol{TM}}{\boldsymbol{día}} * \mathbf{5}\,\boldsymbol{molinos} * \frac{\mathbf{356}\,\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}} = \mathbf{206250}\ \boldsymbol{Ib/año}$$

Aproximadamente 93538 kg/año

6.3.5. DISPONIBILIDAD DE VÍAS DE COMUNICACIÓN:

a) Transporte:

La minera Paraíso cuenta con un sistema de carretera afirmada que vincula todas sus instalaciones y también con el exterior hacia la panamericana sur, que dista a 1 km, que en conjunto permite que el transporte de insumos y productos se realicen sin ninguna dificultad.

b) Comunicación:

La empresa Minera Paraíso cuenta con rpc para comunicarse.

6.3.6. ENVASES:

Lo envases o cilindros de plástico serán adquiridos para aumentar la cosecha del carbón.

6.3.7. MANTENIMIENTO

La compañía cuenta con talleres de mecánica y electricidad, lo mismo con personal calificado para realizar las operaciones ordinarias de mantenimiento, a esto debe añadirse personal adicional que trabajara en exclusividad en la ampliación de la Minera Paraíso.

6.3.8. DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA:

La mano de Obra calificada será provista de chala y Arequipa organizando un curso de capacitación para el personal y con la guía de un Ingeniero experimentado, el proceso resultara un éxito.

Disponibilidad de terreno:

Hay suficiente terreno libre, circundante a la planta de Cianuración, estimada en 51.491 Hectáreas.

CAPITULO VII

CALCULOS DE INGENIERIA PARA LA AMPLIACION DE LA MINERA PARAISO S.A.C. DE 50 A 250

7.1. CAPACIDAD DE PLANTA COMO BASE DE CALCULOS:

La planta a instalarse tendrá una capacidad de tratamiento de mineral de 91000 TMA lo que significa una molienda diaria de 250 TMD

7.2. BALANCE DE MATERIAL

Base de Cálculo : 250 TMD
Ley en gr-Au/TM : 12-16
Humedad en % : 5

De acuerdo a estos datos:
Contenido de agua como humedad:

$$\boldsymbol{Humedad = \frac{Agua}{Material\ húmedo} * 100}$$

$$\boldsymbol{Agua = Humedad * Material\ húmedo * 0.01}$$

$$\boldsymbol{Agua = 5 * 220 * 0.01 = 12.2}$$

Ingreso:		
Mineral	250	TM/Día
TOTAL	250	TM/Día
Sale:		
Agua	12.5	TM/Día
Material trabajado	237.5	TM/Día

7.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LA SECCION RECEPCION DE MINERALES PARA LA AMPLIACION A 250 TM

El dimensionamiento estará de acuerdo a la necesidad aumentar la capacidad de chancado y la recepción de mineral.

7.3.1. FAJA Nº 1, FAJA Nº 2, FAJA Nº 3

La capacidad de transporte de estas fajas será la misma para la ampliación ya que el mineral que se necesita para la ampliación de 250 TM se tendrá en las canchas.

7.4. VOLUMEN DE TOLVA DE GRUESOS

La tolva de gruesos sirve para hacer llegar el mineral a las fajas 1, 2, 3 y así aligerar la carga, es por eso que se aumentara a 3 tolvas de gruesos para aumentar la velocidad de trituración de mineral.

Densidad del mineral en TM/m^3: 2.7

Volumen de la tolva: $\frac{\mathbf{250}}{\mathbf{2.7}} = \mathbf{92.6}\ \boldsymbol{m^3}$

7.4.1. CHANCADO

El mineral pasa primeramente por una parrilla antes de alimentar a la tolva de gruesos, con fines de clasificación y aliviar el trabajo, así solo el 75% (datos prácticos) es chancado en la chancadora de quijadas.

250*0.75 = 187.5 TM de gruesos
250*0.25 = 62.5 TM de finos

Chancadora de Quijadas

El tonelaje que pasa por la chancadora es continuo y será apoyado para la ampliación por otra chancadora de Quijadas Nº 2 en el circuito Nº 2.

Chancadora de Quijadas Nº 1

Longitud de la chancadora (L) : 3.5 pulg
Abertura del set de descarga (S) : 3/8 pulg

Zaranda Vibratoria

El tonelaje a pasar por la zaranda es continuo y no es necesario aumentar otra zaranda

7.4.2. CHANCADO SECUNDARIO:

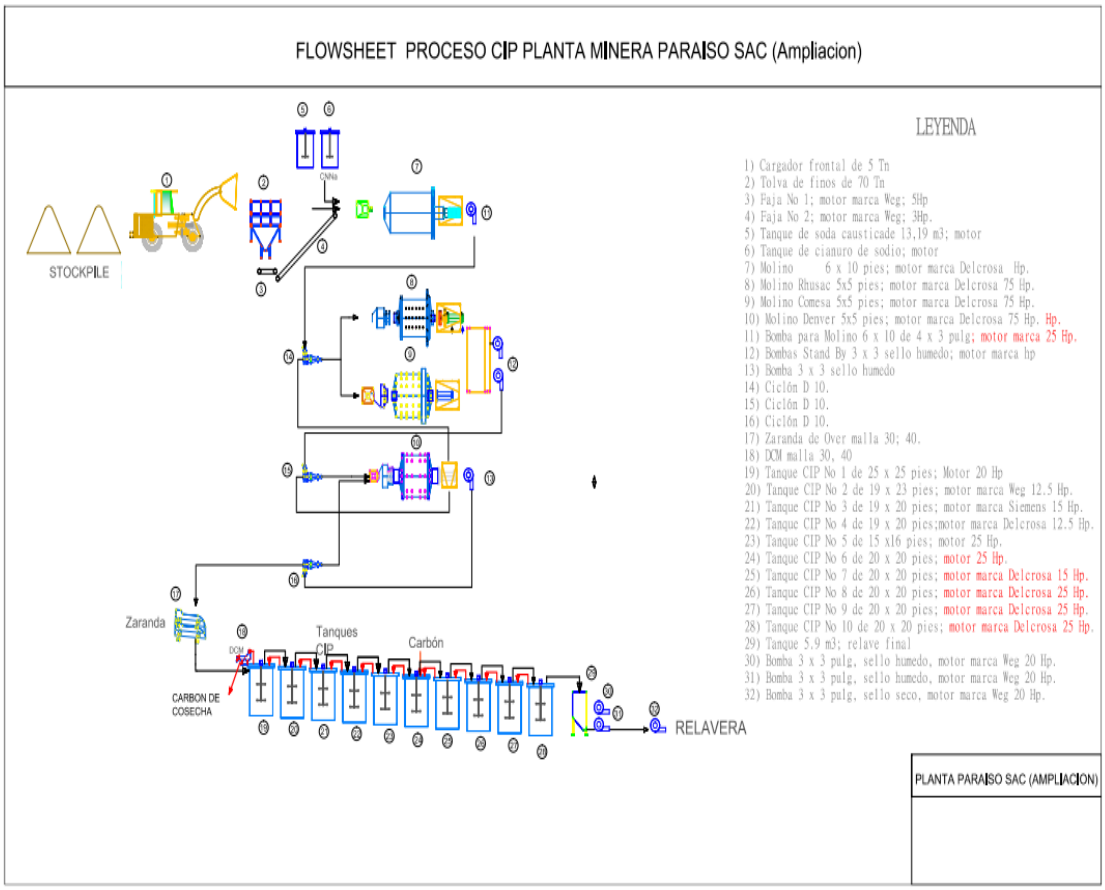
Aproximadamente un 50% pasa por la zaranda, el resto se alimenta a la trituradora secundaria (chancadora cónica).

250 * 0.5 = 125 TM de finos
250 * 0.5 = 125 TM de gruesos

7.4.3. CHANCADORA CONICA

El tonelaje que pasa por la chancadora cónica es continuo y no es necesario aumentar otra cónica.

7.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LA SECCION MOLIENDA PARA LA AMPLIACION A 250 TMD



7.5.1. MOLIENDA PRIMARIA:

7.5.1.1 Capacidad y selección de tamaño de los molinos

La capacidad de un molino depende de muchos factores prácticos como el tiempo de residencia la carga de bolas, la naturaleza del mineral el porcentaje de sólidos. Dado que en el circuito de molienda se trabaja con molinos pequeños por el bajo tonelaje para aumentar nuestro tonelaje necesitamos molinos de mayor capacidad y en base a los HP necesarios para moler el mineral que procesamos es que decidimos adquirir un molino 6’ x 10’ y otro molino 5’ x 5’.

Dado que la molienda será de 10.41 TM/HR, la capacidad del molino seleccionado deberá aproximarse a esta. El tamaño adecuado se ha deducido de operaciones similares a otras plantas.

Molino Nº 1

Diámetro: 6’
Largo: 10’

Molino Nº 2

Diámetro: 5’
Largo: 5’

Molino Nº 3

Diámetro: 5’
Largo: 5’

Molino Nº 4

Diámetro: 5’
Largo: 5’

7.5.1.2 Cálculo de la velocidad Crítica, operación de los molinos:

La velocidad critica de un molino, está definido como la “velocidad teórica a la dual, la fuerza centrífuga, considerada sobre una bola en contacto con la envoltura del molino a la altura de su trayectoria parabólica, es igual a la fuerza que actúa sobre ella, debido a la gravedad produciendo la molienda del mineral por golpe impacto, fricción.

Molino Nº 1

a) Cálculo de la velocidad critica:

$$\boldsymbol{Vc = \frac{42.3}{(D)^{1/2}} = \frac{42.3}{(6 * 0.3046)^{1/2}} = 31.28\, rpm}$$

b) Calculo de la velocidad de operación:

$$\boldsymbol{Vo = 0.80 * 23.14 = 25.024\, rpm}$$

d) Calculo de la velocidad real:

Según especificaciones el % de velocidad crítica es igual al 76.4 %de la velocidad real:

$$\boldsymbol{Vr = 76.4 * \frac{23.14}{100} = 23.89\, rpm}$$

e) Calculo de la eficiencia del molino:

Lo determinamos con respecto a Velocidad Practica

$$E = Vr * \frac{100}{Vp} = 23.89 * \frac{100}{25.024} = 95.46\ \%$$

Para el molino Nº 2

a) Cálculo de la velocidad critica:

$$Vc = \frac{76.63}{(D)^{1/2}}$$

$$Vc = \frac{76.63}{(5)^{1/2}}$$

$$Vc = 34.27\ rpm$$

b) Calculo de la velocidad de operación:

$$Vo = 0.70 * 35.16 = 21.09\ rpm$$

Para el molino Nº 3

a) Cálculo de la velocidad critica:

$$Vc = \frac{76.63}{(D)^{1/2}}$$

$$Vc = \frac{76.63}{(5)^{1/2}}$$

$$Vc = 34.27\ rpm$$

b) Calculo de la velocidad de operación:

$$Vo = 0.70 * 35.16 = 21.09\ rpm$$

Para el molino Nº 4

a) Cálculo de la velocidad critica:

$$\boldsymbol{Vc = \frac{76.63}{(D)^{1/2}}}$$

$$\boldsymbol{Vc = \frac{76.63}{(5)^{1/2}}}$$

$$\boldsymbol{Vc = 34.27\ rpm}$$

b) Calculo de la velocidad de operación:

$$\boldsymbol{Vo = 0.70 * 35.16 = 21.09\ rpm}$$

Especificaciones de los molinos:

	Molino Nº 1	Molino Nº 2	Molino Nº 3	Molino Nº 4
Vel. Critica (rpm)	31.28 rpm	34.27 rpm	35.16 rpm	44.24 rpm
Vel. Operación (rpm)	25.02 rpm	21.09 rpm	24.61 rpm	30.96 rpm

Volumen y carga del Molino Primario

La carga del molino está constituida por las bolas de acero y el mineral en forma de pulpa. El volumen total de la carga, incluyendo las bolas no debe pasar el 50%

a) Calculo del volumen interior del molino Nº 2

$$\boldsymbol{Vol = 3.1416 * r^2 * L}$$

$$\boldsymbol{Volumen = 3.1416 * (2.3^2) * 4.75 = 84.17\ \ pies^3}$$

$$\boldsymbol{Volumen = 2.383\ \ m^3}$$

Si la carga de bolas igual al 45% del volumen interno del molino, entonces el volumen ocupado por los molturantes es igual a: 2.383 * 0.45 = 1.072 m^3

b) Volumen ocupado por los espacios vacíos

Se recomienda el 35% del volumen bruto de bolas

$$\mathbf{1.072 * 0.35 = 0.375}\boldsymbol{m^3}$$

c) Volumen ocupado por las bolas

$$\mathbf{1.072 * 0.65 = 0.697}\boldsymbol{m^3}$$

d) Peso de bolas

$$\frac{\mathbf{0.697 * 7.74}\boldsymbol{TM}}{\boldsymbol{m^3}} = \mathbf{5.3947}\boldsymbol{TM} = \mathbf{11895.48}\boldsymbol{Ib}$$

De acuerdo a las recomendaciones de tablas, utilizaremos bolas de 2, 3 y 4” distribuido

a) Carga de Bolas:

Diámetro Pulg	Peso lbs	Área Pulg^2	Peso Área	%	Peso de carga lb	Nº de bolas
2	1187	12.57	0.094	22.11	2630.2	2216
3	4006	28.27	0.142	33.41	3974.45	992
4	9295	50.57	0.189	44.47	5290.15	569
Carga Total:			0.425	100	11986	3777

Altura de la Carga Moledora

Sabiendo que el porcentaje ocupado es 45% y el diámetro interior = 4.75 ft

$$\boldsymbol{Vp = \frac{1.13 - 1.26\,Q}{D}}$$

$$\boldsymbol{Vp = \frac{1.13 - 1.26\,Q}{4.75}}$$

$$\boldsymbol{Vp = 2.615ft}$$

b) Consumo de Bolas:

Considerando que el factor de desgaste promedio del molturante por un mineral de dureza media, el gasto diario es aproximadamente de 0.50 lb/TM, entonces:

0.50 lb/TM * 250 TM/día = 125 lb/día

$$\boldsymbol{\frac{0.50Ib}{TM} * \frac{250TM}{día} = \frac{125Ib}{día}}$$

Entonces el desgaste para cada tamaño de bola es:

$$\boldsymbol{2" = \frac{125Ib}{día} = 0.2238 = \frac{11.19Ib}{día}}$$

$$\boldsymbol{3" = \frac{125Ib}{día} = 0.3381 = \frac{16.90Ib}{día}}$$

$$\boldsymbol{2" = \frac{125Ib}{día} = 0.4381 = \frac{54.76Ib}{día}}$$

$$\boldsymbol{Total = \frac{82.85Ib}{día}}$$

Numero de bolas a agregar diariamente:

Bolas de 2”:

$$\boldsymbol{\frac{11.19Ib/día}{1.187} = 9.42Ib/día}$$

Bolas de 3”:

$$\boldsymbol{\frac{16.90Ib/día}{4.006} = 4.21Ib/día}$$

Bolas de 4”:

$$\boldsymbol{\frac{54.76Ib/día}{9.225} = 5.89Ib/día}$$

Volumen de molino 5’ x 5’

Volumen total del molino:	2.383 m^3
Densidad de Bolas:	7.74 TM/día
Volumen neto ocupado por las bolas:	0.697 m^3

Volumen parcial ocupado por la pulpa, fuera del espacio intersticial considerando un 12% del volumen total, es decir que el molino trabaja a plena carga lleno, hasta 57% de su volumen total:

2.383 * 0.12 = 0.2859 m^3

Volumen total ocupado por la pulpa del mineral:

0.2859 + 0.375 = 0.6609 m^3

Carga real del molino, 10.416 TMH

Características del molino Secundario

Se debe hacer notar, que los cálculos metalúrgicos, tanto de balance como de diseño son similares a los cálculos prescritos para el circuito que corresponde al molino de 5’ x 5’; por lo tanto obviare estos cálculos y se señala las especificaciones del molino secundario:

Diámetro: 5’
Longitud: 5’
RPM:
HP, Motor:
Carga de Bolas, 45%:14900 lb
Peso del molino aprox:
Capacidad de Tratamiento: 60-90 TM por 24 Horas

7.6. CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA

Se calcula conociendo la velocidad de rotación del molino en revoluciones por minuto y el diámetro interno del mismo.

7.7. TANQUES AGITADORES

En los Tks una vez llenados con las pulpas se agitan constantemente a una densidad de 1300 gr/litro, la gravedad específica del mineral es de 2.7 gr/lt.

La empresa comprara tanques de 25’ x 25’, 22’ x 22’ y 20’ x 20’, lo que se calculara a continuación será el número de tanques a comprar para el circuito CIP.

Considerando un % de llenado de 95% del tanque, calculamos el volumen efectivo del tanque:

$$Ve = D^2 * H * \% Ve * 0.02224$$

$$Ve = 20^2 * 20 * \frac{95}{100} * 0.02224 = 179m^3$$

Dimensiones reales de los agitadores a aumentar:

AGITADOR	Dimensión		volumen pie^3	volumen metro^3	volumen útil 95%	T Residencia
TQ 1	25	25	12271.875	368.16	349.75	15.37
TQ 2	22	22	5954.1174	196.62	186.69	8.60
TQ 3	19	20	5670.588	170.12	161.61	7.10
TQ 4	19	20	5670.588	170.12	161.61	7.10
TQ 5	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
TQ 6	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
TQ 7	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
TQ8	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
TQ 9	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
TQ 10	20	20	6283.2	188.50	179.07	7.87
					TOTAL	85.38

densidad	1300
dilución	1.84
peso especifico	2.9
tonelaje tratado	250

El número de tranques está en función de lo siguiente:

Densidad : 1300
Dilución : 1.84
Peso específico : 2.9
Tonelaje tratado : 250

Se necesitara cambiar aumentar varios tanques: como 25’ x 25’ y 20’ x 20’

Para las 250TM con un flujo de pulpa de 8 m^3/hr, se considera un tiempo de residencia en estos tanques de: 85.38 Hr CIP

7.8. GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL

Al ser una planta de acopio de minerales no se tiene la misma caracterización de mineral es por eso que cada mineral tiene diferente gravedad especifica lo que se traduce en diferente comportamiento y análisis en el circuito

Para lo siguiente se analizó diferentes tipos de rumas obteniendo los siguientes datos:

Gravedad específica Mineral BR (Método de la fiola)

Peso de muestra: 300 gr
Peso Fiola 250 gr
Volumen de agua: 1 lt
Peso total = 1459

Densidad = 1209

$$\% \, Solidos = \frac{\delta - 1000}{\delta\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$\% \, Solidos = \frac{1209 - 1000}{1209\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$0.2481 = \frac{209}{1209(1 - 1/G.E)}$$

$$842.40 = 1209(1 - 1/G.E)$$

$$0.69 = 1 - 1/G.E$$

$$0.31 = \frac{1}{G.E}$$

$$\boldsymbol{G.E = 3.22}$$

Peso Específico

Peso mineral=100 g

Volumen agua= 150 ml

Volumen de mezcla =182 ml

Volumen de mineral = 182-150 = 32 ml

Pe= 100 gr/ 32 ml = 3.125

Gravedad específica Mineral D (Método de la fiola)

Peso de muestra: 340 gr

Peso Fiola 250 gr

Volumen de agua: 1 lt

Peso total = 1469

Densidad = 1219

$$\% \, Solidos = \frac{\delta - 1000}{\delta\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$\% \, Solidos = \frac{1219 - 1000}{1219\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$0.2789 = \frac{219}{1219(1 - 1/G.E)}$$

$$785.227 = 1219(1 - 1/G.E)$$

$$0.644 = 1 - 1/G.E$$

$$0.3558 = \frac{1}{G.E}$$

$$\boldsymbol{G.E = 2.81}$$

Peso Específico

Peso mineral=100 g

Volumen agua= 150 ml

Volumen de mezcla =185 ml

Volumen de mineral = 185-150 = 35 ml

Pe= 100 gr/ 35 ml = 2.85

Gravedad específica Mineral F (Método de la fiola)

Peso de muestra: 400 gr

Peso Fiola 250 gr

Volumen de agua: 1 lt

Peso total = 1500

Densidad = 1250

$$\% \, Solidos = \frac{\delta - 1000}{\delta\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$\% \, Solidos = \frac{1209 - 1000}{1209\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$0.32 = \frac{250}{1250(1 - 1/G.E)}$$

$$781.25 = 1250(1 - 1/G.E)$$

$$0.625 = 1 - 1/G.E$$

$$0.375 = \frac{1}{G.E}$$

$$\boldsymbol{G.E = 2.66}$$

Peso Específico

Peso mineral = 100 g

Volumen agua = 150 ml

Volumen de mezcla = 187 ml

Volumen de mineral = 187-150 = 37 ml

Pe = 100 gr/ 37 ml = 2.7 g/ml

Se estima trabajar con una gravedad especifica de 2.7 para el análisis de malla y lo que se busca es una densidad de 1.300 el porcentaje de solidos que tenemos es el siguiente:

$$\% \, Solidos = \frac{\delta - 1000}{\delta\left(G.E - \frac{1}{G.E}\right)}$$

$$\% \, Solidos = \frac{1300 - 1000}{1300\left(2.7 - \frac{1}{2.7}\right)}$$

$$\% = \frac{300}{1300(1 - 1/2.7)}$$

$$\% = \frac{300}{1300(1 - 0.37037)}$$

$$\% = \frac{300}{1300(0.6296)}$$

$$\% = \frac{300}{818.5186}$$

$$\% \, Solidos = 36.65 \, \% \, de \, solidos$$

Obteniendo una tabla de trabajo

TABLA N° 8

DENSIDADES

Densidad	% Solido	Dilucion	Peso solido	Densidad	% Solido	Dilucion	Peso solido
1.200	26.47	2.78	317.65	1.260	32.77	2.05	412.94
1.205	27.02	2.70	325.59	1.265	33.27	2.01	420.88
1.210	27.56	2.63	333.53	1.270	33.77	1.96	428.82
1.215	28.10	2.56	341.47	1.275	34.26	1.92	436.76
1.220	28.64	2.49	349.41	1.280	34.74	1.88	444.71
1.225	29.17	2.43	357.35	1.285	35.23	1.84	452.65
1.230	29.70	2.37	365.29	1.290	35.70	1.80	460.59
1.235	30.22	2.31	373.24	1.295	36.18	1.76	468.53
1.240	30.74	2.25	381.18	1.300	36.65	1.73	476.47
1.245	31.25	2.20	389.12	1.305	37.12	1.69	484.41
1.250	31.76	2.15	397.06	1.310	37.58	1.66	492.35
1.255	32.27	2.10	405.00	1.315	38.05	1.63	500.29

Determinación de malla -200 y densidad

La densidad de pulpa es un factor vital en todo circuito metalúrgico, una vez establecido la dilución óptima en todos los puntos del circuito se puede calcular el tonelaje y carga circulante

La determinación de la malla y densidad se realiza cada hora por el molinero, el cual toma una muestra del over del Hidrociclón, mediante la balanza Marcy le toma la densidad de pulpa y luego esta se pasa por un cajón con malla 200 para saber cuál es el porcentaje de malla pasante del over, lo retenido en la malla pasa por un secado y luego se pesa para obtener el porcentaje

El % de passing se obtiene:

$$\%\,Passing = \frac{peso\ total\ de\ solido\ segun\ \partial - peso\ seco\ obtenido\ sobre\ la\ malla}{peso\ total\ de\ solido\ segun\ \partial}$$

Densidad tomada 1310

$$\%\,Passing = \frac{492.35 - 100.45}{492.35}$$

$$\%\,Passing = 79.60\ \%$$

Determinación de cianuro libre

Consiste en la titulación del cianuro con una solución estándar de nitrato de plata. El matraz deberá contener un embudo con el papel filtro para ser vertido la pulpa, se saca 25 ml de solución, a la que se debe agregar 3 a 4 gotas de solución KI (indicador), y se titula con solución nitrato de plata $AgNO_3$ hasta el punto en que la solución se opaca. El gasto de nitrato se divide entre 100 logrando obtener la fuerza de cianuro en porcentaje.

Preparación de Nitrato de Plata AgNO3

Peso Ag_3NO =4.33 g
Volumen de agua destilada = 1 lt
Fiola de 1 lt

La reacción que se da al titular
$Ag_3NO + 2NACN = AgNa\ (CN)_2 + NaNO_3$

Una vez preparado y homogenizado se guarda en un recipiente negro o envuelto de modo que este aislado que no esté expuesto a la luz

Preparación del indicador ioduro de potasio KI

Peso IK =5 g
Volumen de agua destilada =100 ml
Fiola de 100 ml
Una vez preparado se almacena en un frasco para su uso

7.9. PRODUCTO FINAL A OBTENER

Nuestro producto final a obtener será el carbón activado; que será recuperado en cada cosecha que se haga.

Los tanques que serán cosechados aún están en estudios ya que se piensa cambiar de tanques con contenido de carbón y tanques lixiviantes.

7.10. RELAVERA

Para la ampliación de la capacidad de la planta de procesamiento Minera Paraíso se ampliará la cancha de relaves. Las coordenadas UTM del área son:

VERTICE	Norte	Este
A	8250000.00	577789.21
B	8250000.00	578000.00
C	8249700.00	578000.00
D	8249754.47	577849.62
E	8249866.04	577706.26

La cancha de relaves se encuentra diseñada en un área de 6.266 Ha.

La cancha de relaves se encuentra delimitada por un dique perimetral que tiene una base corona de 10 m con una longitud aproximada de 1000 m en su fase. Los relaves cianurados estarán depositados sobre una geomembrana impermeable de 500 micras que asegura que no existe ningún tipo de filtración de soluciones hacia los suelos.

El volumen de la relavera aumentara; ya que se necesita mayor volumen de agua recirculada. Para esto se adquirirá un sedimentador para pulpa-relave y un filtro prensa de capacidad de 11 Toneladas. Hora, se espera recuperar el 70% de agua recirculada aproximadamente.

Se usara una electrobomba de agua marca Delcrosa de 2 x 1.5 pulg de 7.5 HP para recircular el agua de la relavera hacia la geomembrana.

7.11. CARACTERISTICAS DE LA RELAVERA

Capacidad	69500 TMS
Área cancha de relaves	9637.36 m^2
Volumen de la cancha	26730.76 m^2
Área efectiva de la geomembrana	9675.9 m^2

El proyecto en sí, estará realizado de tal forma que el control ambiental este predeterminado con el objeto que todos los impactos sean controlables en el proceso de ejecución, operación y abandono de la relavera.

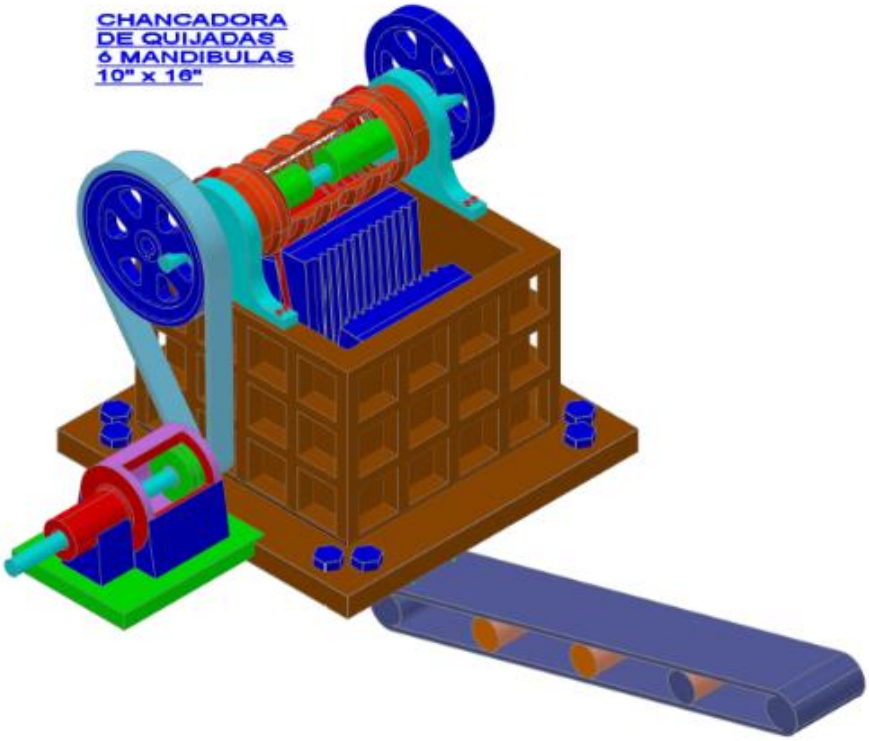
7.12. EQUIPOS Y MAQUINARIAS

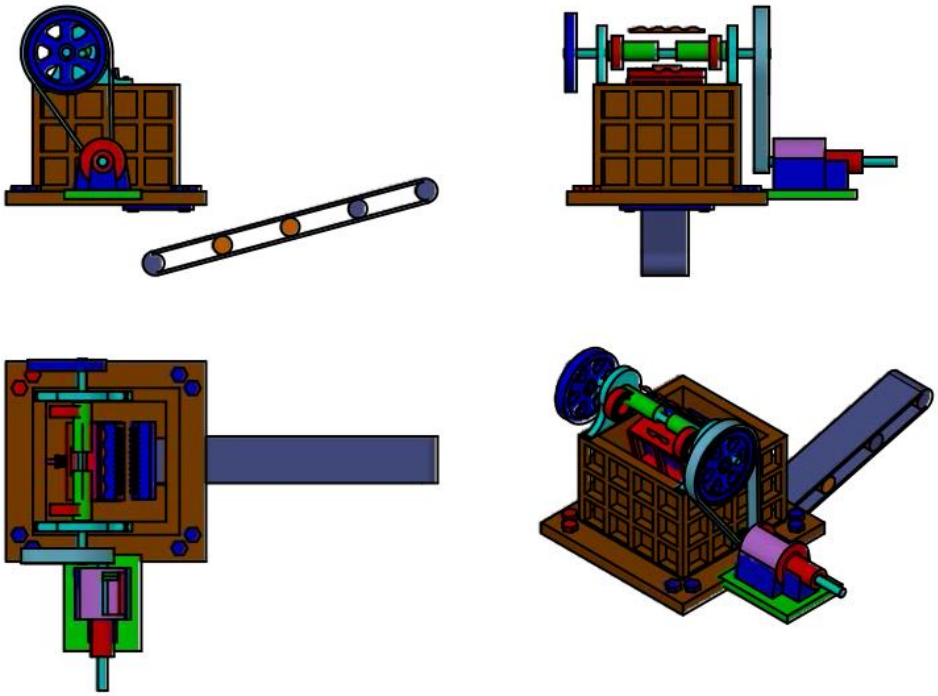
L E Y E N D A						
	CANT	D E S C R I P C I O N	M O T O R			DIMENCIÓN O
			CANT		Kw	*CAPACIDAD*
	HP	SECCION RECEPCION CHANCADO Y MUESTREO		HP		
1	1	CHANCADORA DE QUIJADAS Nº2				
2	1	FAJA TRANSPORTADORA Nº6				16 pulg. x 4.5 m
					46.92	
CCIÓN MOLIENDA						
7	1	MOLINO DE BOLAS 6 x 10	1	200		6 x 10 pies
8	1	MOLINO DE BOLAS 5 x 5	1	75	23.08	5 x 5 pies
9	1	CAJON				
0	3	BOMBA DENVER			4.47	4 x 3 pulg.
1	3	HIDROCICLON D-6				D - 6
					61.92	
CCIÓN AGITACION						
2	1	TANQUE DE AGITACION		40		25` x 25`
3	1	TANQUE DE AGITACION		25		22` x 22`
4	1	TANQUE DE AGITACION		25		19` x 20`
5	1	TANQUE DE AGITACION		25		20` x 20`
6	1	TANQUE DE AGITACION		25		20` x 20`
CCIÓN RELAVERA / RECUPERACIÓN DE AGUA						
7	1	BOMBA DE AGUA DELCROSA	1	2.00	1.50	1 x 1 pulg
8	1	BOMBA DE AGUA DELCROSA	1	2.00	1.50	1 x 1 pulg
7	1	BOMBA DENVER	1	6.00	4.47	2.5 x 2 pulg.
NSTRUCCION DE OBRAS CIVILES						
9	1	CANCHA DE RECEPCION DE MINERAL Nº 2				
1	1	CANCHA DE RELAVE	0			10 000 m^3
1	3	POZAS DE AGUA RECIRCULADA	0			25 m^3 c/u
4	2	POZA DE CONTINGENCIA	0			160 m^3 c/u
3	1	POZO DE CAPTACION DE AGUA	0			8 m^3/día
CCIÓN CIANURACIÓN						
3	1	TANQUE DE AGITACION	1	25		20` x 20`
4	1	TANQUE DE AGITACION	1	25		20` x 20`
5	1	TANQUE DE AGITACION	1	25		20` x 20`
6	1	TANQUE DE AGITACION	1	25		20` x 20`
7	1	TANQUE DE AGITACION	1	25		20` x 20`

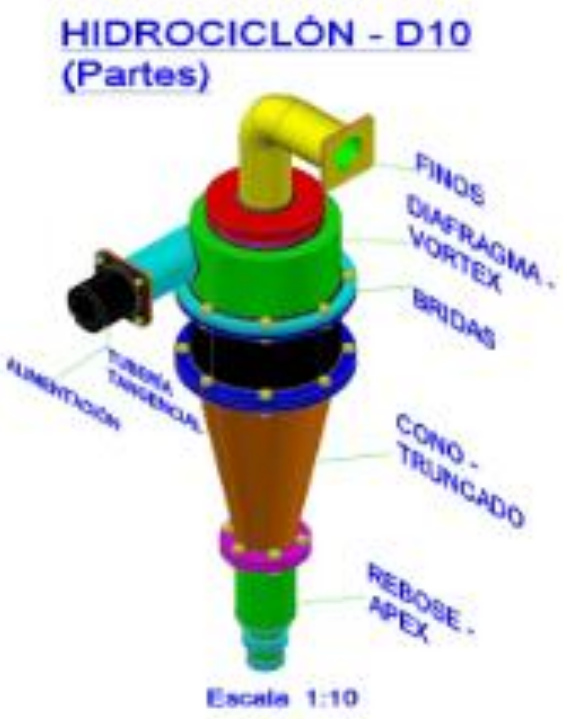
CONCLUSIONES

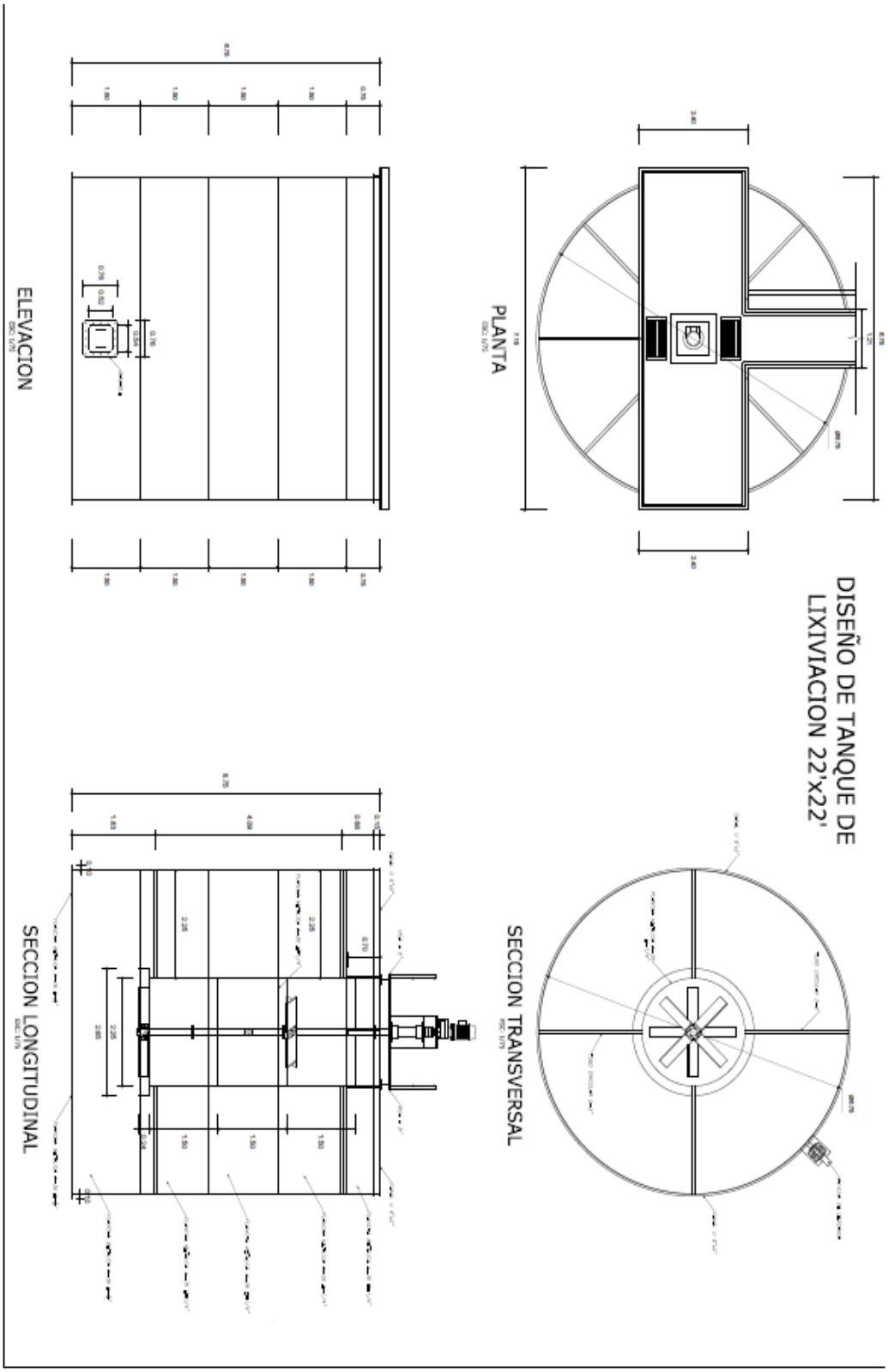
1. Más allá de la variación del precio del oro por una mayor o menor actividad económica mundial, hay factores que indican en incremento o mantención en el precio del oro, por esto es que se debe aprovechar para incrementar la producción del oro.
2. Para mantener una buena liberación de partícula superior a 90% de malla -200, se hace necesario incrementar la etapa de molienda primaria con un molino 6’ x 10’ el cual operara conjuntamente con dos molinos 5’ x 5’ en un circuito mixto con doble clasificación con hidrociclón D-6 y D-10 y bombas de pulpa 4´´ x 3´´.
3. Para mantener la recuperación de oro por encima de 94.5 es necesario instalar varios tanques 20’ x 20’ y un 25’ x 25’ más en el circuito para mantener un tiempo de residencia de 84.24 horas.
4. Una conclusión importante es la de bajar los costos de operación ya que se procesara más tonelaje con el mismo número de personal.

ANEXOS


CHANCADORA
DE QUIJADAS
6 MANDIBULAS
10" x 16"




HIDROCICLÓN - D10
(Partes)
FINOS
DIAFRAGMA - VORTEX
BRIDAS
TUBERÍA TANGENCIAL
ALIMENTACIÓN
CONO - TRUNCADO
REBOSE - APEX
Escala 1:10


DISEÑO DE TANQUE DE LIXIVIACION 22'x22'
PLANTA
ELEVACION
SECCION TRANSVERSAL
SECCION LONGITUDINAL

ACRONIMOS

DGAAM:	DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES MINERAS
MEN:	MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.
EIA:	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.
RD:	RESOLUCION DIRECTORIAL.
DS:	DECRETO SUPREMO.
EM:	ENERGIA Y MINAS.
RM:	RESOLUCIONES MINISTERIALES.
PCM:	PRESIDENCIA DE CONSEJOS DE MINISTROS.
CIP:	CARBON EN PULPA
TMSD:	TONELADAS METRICAS SECAS DÍA
TMD:	TONELADAS METRICAS DÍA
TMA:	TONELADAS METRICAS AL AÑO
DREM:	DIRECCION REGIONAL DE ENERGIA Y MINAS
INRENA:	INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES.

BIBLIOGRAFIA

1. Misari Ch. Fidel S. “METALURGI
2. A DEL ORO”. Lima 1993
3. Sepulveda, Jaime E., Gutiérrez Leonel. “DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS CONCENTRADORAS MEDIANTE MODELACION MATEMATICA”, División Metalúrgica CIMM, 1986
4. Manzaneda Cabala, José “Procesamiento de Minerales”, Lima 2000
5. Quiroz Núñez, Iván “OPERACIONES UNITARIAS EN PROCESAMIENTO DE MINERALES”, Cuzco 1986
6. Ocon / Tojo, “PROBLEMAS DE INGENIERIA QUIMICA”, Ciencia y Técnica, 1986
7. Denver Equipement Company “MODERN MINERAL PROCESSING FLOWSHEETS”
8. Flores Avendaño, Oscar “APLICACIÓN DEL CARBON ACTIVADO EN RECUPERACION DE AU”, Arequipa 1995
9. Revista Mundo Minero “TRATAMIENTO DE LOS MINERALES DE ORO” Año XXII Nro 12
10. Vera Terán, Carlos, Tesis, UNSA, Arequipa 1999