

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



**“ESTUDIO METALURGICO PARA LA  
RECUPERACION DE PLATA Y ORO EN  
MINERALES POLIMETALICOS**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO POR:**

**ANTONIO FLORENCIO FLORES COLLAS**

**ASESOR:**

**ING EDGAR FORTUNATO SEGURA TUMIALAN**

**Lima – Perú**

**2015**

**DEDICATORIA:**

A mis padres Víctor Flores, Isabel Collas y mis hermanos Guillermo y Rosa por su sacrificio, enseñanzas y sabiduría transmitidas a mí a lo largo de su vida.

## INDICE

### INTRODUCCION

<b>CAPITULO I ASPECTOS TEORICOS</b>	14
1.1 TERMODINÁMICA DE LA CIANURACION	14
1.2 MECANISMO ELECTROQUÍMICO	16
1.3 MÉTODO DE CIANURACION	19
1.3.1 Cianuaración dinámica o agitación	20
1.4 RECUPERACIÓN DEL ORO Y LA PLATA DE LAS SOLUCIONES LIXIVIALES	22
1.4.1 Método del polvo de zinc (MERRIL CROWEL)	23
1.5 PRINCIPIOS DE FLOTACIÓN	24
1.5.1 Circuitos de flotación	26
1.5.2 Reactivos de flotación	28
1.5.3 Flotación de sulfuros	32
<b>CAPITULO II CARACTERIZACION DEL MINERAL</b>	
2.1 MINERALOGÍA	35
2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA	40
2.3 DETERMINACIÓN DEL WORK INDEX	40

2.4	DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL	41
2.5	PRUEBAS DE MOLIENDA Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	42
2.5.1	Molienda a “0” minutos	42
2.5.2	Molienda a “15” minutos	43
2.5.3	Molienda a “20” minutos	44
2.5.4	Molienda a “25” minutos	45
2.5.5	Molienda a “30” minutos	46
2.5.6	Molienda a “40” minutos	47
2.5.7	Molienda a “50” minutos	48
2.6	PRUEBA DE MOLIENDABILIDAD	49

### **CAPITULO III PRUEBAS METALURGICAS**

3.1	PRUEBAS METALÚRGICAS DE FLOTACIÓN	50
3.1.1	Primera etapa	50
3.1.2	Segunda etapa	70
3.1.3	Tercera etapa	82
3.1.4	Cuarta etapa	94
3.1.5	Quinta etapa	106

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1	Análisis Químico del mineral de cabeza	40
Tabla N° 2.2	Molienda a 0 minutos	42
Tabla N° 2.3	Molienda a 15 minutos	43
Tabla N° 2.4	Molienda a 20 minutos	44
Tabla N° 2.5	Molienda a 25 minutos	45
Tabla N° 2.6	Molienda a 30 minutos	46
Tabla N° 2.7	Molienda a 40 minutos	47
Tabla N° 2.8	Molienda a 50 minutos	48
Tabla N° 2.9	Prueba de Moliendabilidad	49
Tabla N° 3.1	Prueba de Flotación N° 1 del mineral polimetálico	54
Tabla N° 3.2	Prueba de Flotación N° 2 del mineral polimetálico	57
Tabla N° 3.3	Prueba de Flotación N° 3 del mineral polimetálico	60
Tabla N° 3.4	Prueba de Flotación N° 4 del mineral polimetálico	63
Tabla N° 3.5	Prueba de Flotación N° 5 del mineral polimetálico	66
Tabla N° 3.6	Prueba de Flotación N° 6 del mineral polimetálico	69
Tabla N° 3.7	Prueba de Flotación N° 7 del mineral polimetálico	72
Tabla N° 3.8	Prueba de Flotación N° 8 del mineral polimetálico	75
Tabla N° 3.9	Prueba de Flotación N° 9 del mineral polimetálico	78
Tabla N° 3.10	Prueba de Flotación N° 10 del mineral polimetálico	81
Tabla N° 3.11	Prueba de Flotación N° 11 del mineral polimetálico	84
Tabla N° 3.12	Prueba de Flotación N° 12 del mineral polimetálico	87
Tabla N° 3.13	Prueba de Flotación N° 13 del mineral polimetálico	90

Tabla N° 3.14	Prueba de Flotación N° 14 del mineral polimetálico	93
Tabla N° 3.15	Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 15 del mineral polimetálico. 65% -200 mallas	96
Tabla N° 3.16	Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 16 del mineral polimetálico. 70%	99
Tabla N° 3.17	Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 17 del mineral polimetálico. 75%	102
Tabla N° 3.18	Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 18 del mineral polimetálico. 80%	105
Tabla N° 3.19	Prueba de Flotación N° 19 del mineral polimetálico	109
Tabla N° 3.20	Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 19	111
Tabla N° 3.21	Flotación N° 19 y cianuración del relave	113
Tabla N° 3.22	Prueba de Flotación N° 20 del mineral polimetálico	116
Tabla N° 3.23	Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 20	118
Tabla N° 3.24	Flotación N° 20 y cianuración del relave	120
Tabla N° 3.25	Prueba de Flotación N° 21 del mineral polimetálico	123
Tabla N° 3.26	Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 21	125
Tabla N° 3.27	Flotación N° 21 y cianuración del relave	127
Tabla N° 3.28	Prueba de Flotación N° 22 del mineral polimetálico	130
Tabla N° 3.29	Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 21	132
Tabla N° 3.30	Flotación N° 21 y cianuración del relave	134

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Diagrama de estabilidad potencial – pH para el sistema Au- H <sub>2</sub> O-CN <sup>-</sup> a 25°C	16
Figura N° 1.2	Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro ( 120 u diam.) en KCN en presencia de oxígeno	17
Figura N° 1.3	Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica	18
Figura N° 1.4	Angulo de contacto	26
Figura N° 1.5	Clasificación de colectores	30
Figura N° 2.1	Granos de esfalerita con inclusiones de cobre grises y calcopirita nicoles paralelos	37
Figura N° 2.2	Granos mixto binario de calcopirita/Pirita nicoles paralelos	37
Figura N° 2.3	Granos libre de galena nicoles paralelos	38
Figura N° 2.4	Granos de gangas con inclusiones de pirita, nicoles paralelos	38
Figura N° 2.5	Grano de galena con inclusiones de Calcopirita y cobre grises, nicoles paralelos	39
Figura N° 2.6	Curva granulométrica de Molienda a “0” minutos	42
Figura N° 2.7	Curva granulométrica de Molienda a “15” minutos	43

Figura N° 2.8	Curva granulométrica de Molienda a “20” minutos	44
Figura N° 2.9	Curva granulométrica de Molienda a “25” minutos	45
Figura N° 2.10	Curva granulométrica de Molienda a “30” minutos	46
Figura N° 2.11	Curva granulométrica de Molienda a “40” minutos	47
Figura N° 2.12	Curva granulométrica de Molienda a “50” minutos	48
Figura N° 2.13	Curva de Moliendabilidad	53
Figura N° 3.1	Curva cinética de extracción del oro y la plata	112
Figura N° 3.2	Curva de consumo de NaCN	112
Figura N° 3.3	Curva cinética de extracción del oro y la plata	119
Figura N° 3.4	Curva de consumo de NaCN	119
Figura N° 3.5	Curva cinética de extracción del oro y la plata	126
Figura N° 3.6	Curva de consumo de NaCN	126
Figura N° 3.7	Curva cinética de extracción del oro y la plata	133
Figura N° 3.8	Curva de consumo de NaCN	133

## RESUMEN

El Perú es uno de los principales países con minerales polimetálicos con contenidos de plomo, plata, zinc, cobre y oro, gran parte de la producción peruana se exporta como concentrados de plomo, plata, cobre zinc y oro.

Los minerales empleados en este estudio tienen como valores importantes a la plata y el oro.

Debido a que las recuperaciones de la plata y el oro por flotación son regulares (70% Ag y 60% Au), se han probado pruebas adicionales de gravimetría y cianuración de los relaves de flotación con los cuales se han logrado obtener recuperaciones del oro y la plata que superan eficientemente el 90%.

La combinación de pruebas de flotación con cianuración de los relaves son los que han dado mejores recuperaciones del oro y la plata, quedando como otra alternativa la combinación de gravimetría con flotación de los relaves de gravimetría.

## **ABSTRACT**

Peru is one of the main countries with polymetallic ores with contents of lead, silver, zinc, copper and gold, much of the Peruvian production is exported as concentrates of lead, silver, copper, zinc and gold.

The minerals used in this study are important values to silver and gold.

Because recoveries of silver and gold flotation are regular (70% Ag and 60% Au), have been tested further testing gravimetric and cyanidation of the flotation tailings with which they have achieved recoveries of gold and silver-efficient than 90%.

The combination of tests cyanidation of flotation tailings are those who have better recoveries of gold and silver, as another alternative being combined with gravimetric flotation tailings gravimetry.

## INTRODUCCION

El siguiente estudio tiene la finalidad de determinar las mejores condiciones para la recuperación de la plata y el oro en un mineral polimetálico, con bajos contenidos de plomo y zinc.

Para la recuperación de los valores valiosos se planteo realizar pruebas de flotación, gravimetría y cianuración.

Para lo cual se siguió el siguiente esquema.

- Se prepararon 20 kg de las muestras a 100% - 6 mallas. Para la determinación del Work Index del mineral polimetálico empleando el método de Bond.

- Para la determinación de la Gravedad Específica se empleo el método del Picnómetro.
- El resto del mineral se prepararon a 100% -10 mallas para las pruebas metalúrgicas de flotación, gravimetría y cianuración.
- Se realizaron pruebas de Moliendabilidad para obtener los tiempos de molienda para las diferentes granulometrías empleadas en las pruebas metalúrgicas.
- Las pruebas de flotación se ejecutaron bajo el esquema para un mineral polimetálico.

### **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

El objetivo del presente estudio es determinar las condiciones óptimas para obtener las mejores condiciones de tratamiento del mineral en estudio que permita realizar una recuperación óptima de los valores de plata y oro.

Los resultados satisfactorios de las pruebas metalúrgicas realizadas nos permiten predecir que el proceso de tratamiento a nivel industrial será eficiente y rentable económicamente.

Así como las reservas minerales permiten justificar desde el punto de vista económico - metalúrgico la instalación de una planta de flotación, cianuración por agitación y precipitación con polvo de zinc.

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS TEORICOS**

#### **PRINCIPIOS FISICOS - QUIMICOS DE LA CIANURACION**

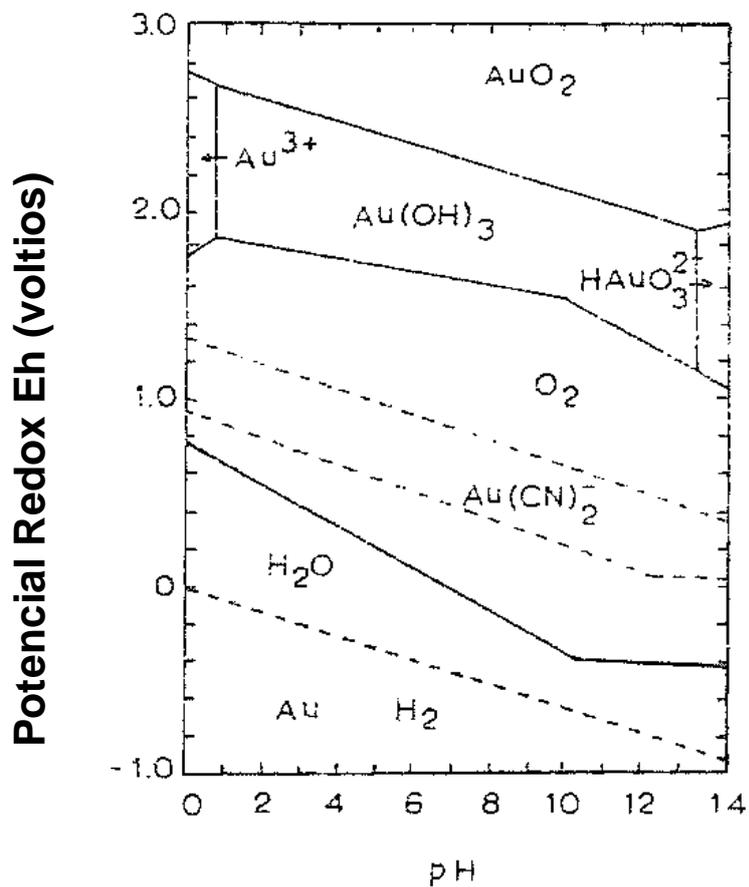
##### **1.1 TERMODINÁMICA DE LA CIANURACIÓN**

Para comprobar los mecanismos físico-químicos de la lixiviación de la plata, es necesario recurrir a una revisión de sus propiedades termodinámica y en particular de sus estados estables y meta estables, representados clásicamente en los diagramas de Pourbaix que relaciona el potencial de óxido- reducción (Eh) del metal con el pH del medio.

Estos diagramas muestran que compuestos potenciales redox (superiores al de la descomposición del oxígeno) para formarse. La lixiviación del oro metálico es, por lo tanto, muy difícil a la causa de la gran estabilidad de este último.

En el diagrama Au-H<sub>2</sub>O-CN (**Figura N° 1.1**), no obstante, la reacción:  **$\text{Ag (CN)}_2^- + e^- = \text{Ag} + 2 \text{CN}^-$**  se lleva a cabo dentro de los límites de estabilidad del agua. El campo de estabilidad del complejo argentocianuro y aurocianuro está limitado por una recta que inicialmente, muestra una pendiente pronunciada (efecto de la hidrólisis del cianuro a pH menor a nueve) tornándose luego casi horizontal debido a la acción oxidante del oxígeno en medio básico, hecho que a su vez permite que se haga efectiva la reacción de lixiviación por formación de argentocianuros y aurocianuros. En el mismo gráfico se puede observar que los compuestos Au (OH)<sub>3</sub>, Au<sup>+3</sup> y HAuO<sub>3</sub><sup>2-</sup> son reducidos por la introducción del cianuro.

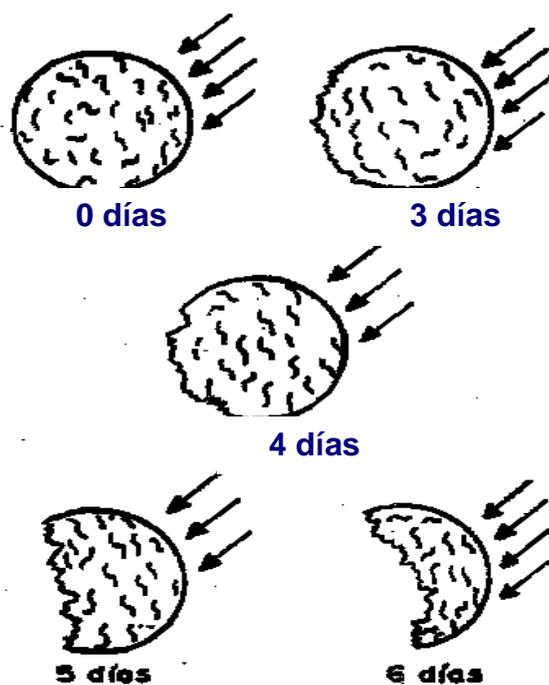
## 1.2 MECANISMO ELECTROQUÍMICO



**Figura Nº1.1.** Diagrama de estabilidad potencial – pH para el sistema Au-H<sub>2</sub>O-CN<sup>-</sup> a 25°C.

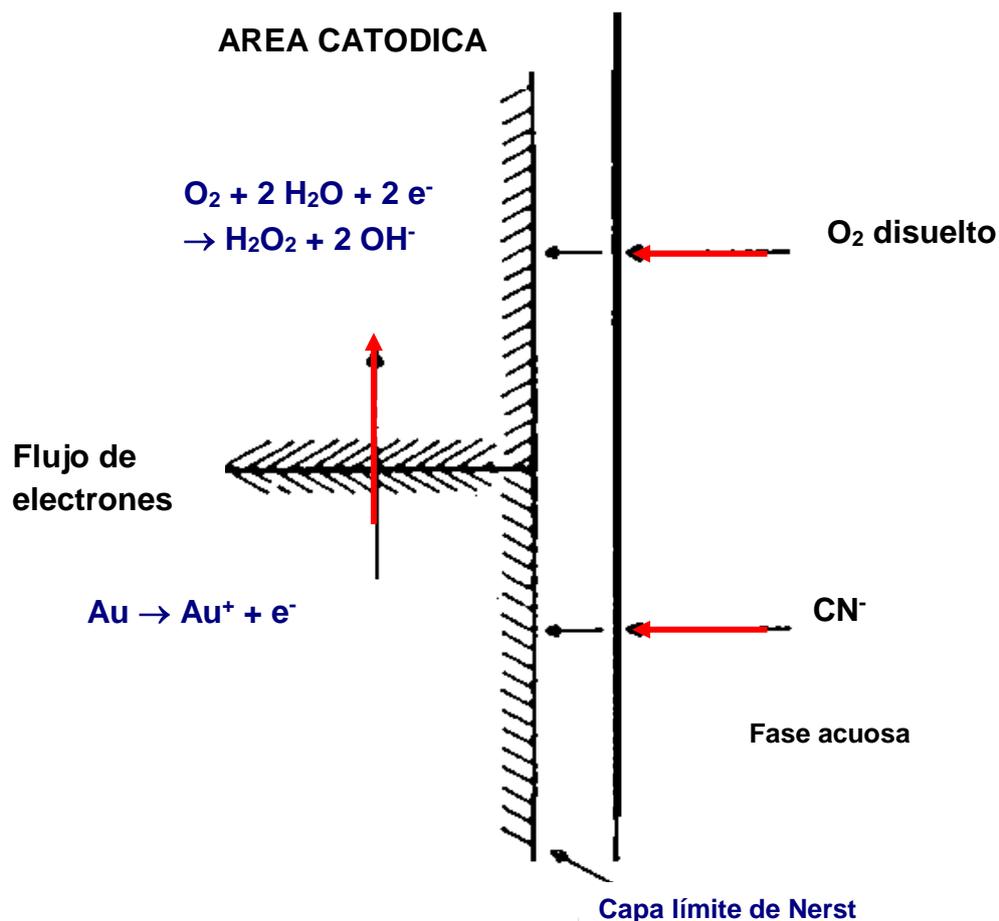
$[\text{CN}^-] = 10^{-3}\text{M}$ , concentración de todos los espacios solubles de oro =  $10^{-4}\text{M}$  y  $p(\text{O}_2) = p(\text{H}_2) = 1 \text{ atm}$

Este hecho utilizando para ello pequeñas esferas de oro y una solución solidificada como soportes de éstas, haciendo circular una corriente KCN libre de aire constató al cabo de tres días una ligera corrosión en el lado opuesto al de la incidencia de flujo después de otros tres días la partícula de oro había sido reducida a la mitad (ver Fig. N° 12)



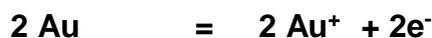
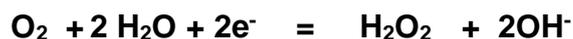
**Figura N° 1.2.-** Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro en KCN en presencia de oxígeno.

La explicación esquemática de este fenómeno se facilita mediante el gráfico de la **Fig. N°1.3**; la reducción del oxígeno sobre la superficie metálica en la zona catódica va acompañada por la



**Figura N° 1.3.-** Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica.

Oxidación del oro en la zona anódica de acuerdo a las siguientes reacciones:



El experimento demuestra que existe un flujo de electrones entre la fase líquida, en el que se encuentra el oxígeno disuelto y el cianuro, y la fase sólida constituida por el oro.

La capa límite de Nernst, situada entre ambas fases, tiene un espesor variable según el método de lixiviación y la velocidad de agitación.

### **1.3 METODOS DE CIANURACION**

De los procesos empleados para la extracción del oro y la plata de los minerales, el de mayor uso es la Cianuración. Al disolverse la plata y el oro con el cianuro sobre la base de los mecanismos Físico químicos mencionados.

#### **1.3.1 Cianuración Dinámica o Agitación**

Los procesos de Cianuración dinámica o agitación son empleados generalmente para minerales de oro y plata de alta ley, donde el costo

de operación es elevado, debido a que se emplean etapas de Chancado, Molienda y Agitación, incrementándose el consumo energético a niveles donde puede resultar antieconómico para leyes bajas de oro y plata.

Los tanques agitadores pueden ser mecánicos o neumáticos, un estudio adicional indicaría la selección del tanque agitador. En la actualidad se recomienda el uso de los tanques agitadores mecánicos para producir una agitación más eficiente que los neumáticos.

De acuerdo a como se extrae el oro y la plata disuelta de la solución cosecha, los procesos de Cianuración por agitación tenemos:

- Cianuración Convencional.

A continuación se detalla este proceso.

#### 1.3.1.1 Cianuración por Agitación Convencional

Es un método eficiente para el tratamiento de minerales de Oro y Plata por Cianuración, y si bien los nuevos procesos puestos en práctica requieren menor control en varias etapas, el método convencional es todavía preferido por gran cantidad de empresas mineras, el proceso consiste en:

**Molienda y clasificación.**- el mineral triturado en seco (2 ó 3 etapas) es alimentado al circuito de molienda en circuito cerrado con el propósito de moler las partículas hasta liberar suficientemente los

granos de oro y exponerlos a la acción del cianuro que se agrega desde esta etapa (se logran extracciones de 30 a 85%).

**Espesamiento Primario y Lixiviación.-** La pulpa obtenida de molienda se sedimenta en un espesador llamado primario del cual se obtiene la solución rica (pregnant) que se envía a precipitación y la descarga espesada que se envía a lixiviación. La lixiviación se realiza en 3 agitadores a 30-50% sólidos con adición de aire y con un tiempo de retención de hasta 48 horas; los agitadores pueden ser mecánicos (Dorr) con hélices o rastrillos o verticales con agitación únicamente por aire comprimido (Brown o Pachuca), el número mínimo es 3 para evitar el corto - circuito del material durante la lixiviación.

**Decantación continua en contra corriente.-** La pulpa lixiviada debe someterse a un lavado para recuperar todos los valores disueltos, el método más eficiente consiste en espesar y diluir sucesivamente la pulpa en 3 ó 4 espesadores, agregando la pulpa al primero de ellos y agua fresca al último, de manera que la pulpa y la solución circulen en sentidos contrarios, enriqueciéndose la solución y empobreciéndose la pulpa en contenido valioso, de allí el nombre de Decantación Continua en Contracorriente (CCD). La pulpa sedimentada del último espesador constituye el relave lavado y la solución o rebose del primer espesador sé recircula a molienda; la eficiencia de lavado en CCD es superior al 99%, dependiendo del número de etapas.

**Precipitación y refinación.**- La solución pregnant obtenida del espesador primario se envía a precipitación continua con polvo de zinc según el proceso Merrill-Crowe; primeramente la solución es clarificada en filtros de hojas y/o con camas de arena sílice, para eliminar las partículas finas y coloidales que interfieran con la precipitación; la segunda etapa es la deareación (desoxigenación) de la solución por atomizado en un tanque de vacío, reduciendo el contenido de oxígeno de 5-6 ppm a 0.5 ppm con un vacío de 22" Hg (esto es una presión absoluta de 0.25atm); La solución des aireada se precipita inmediatamente con polvo de zinc fino (-200 ó -325 m), recuperándose el precipitado de oro-plata en filtros prensa.

El precipitado obtenido se seca y se funde con bórax, carbonato de sodio y sílice para reducirlo a bullón que contiene 10-15 % de impurezas (Zn, Cu, Pb) y el resto oro y plata; Si la ley de plata no es alta, el bullón puede enriquecerse lavando previamente el precipitado con ácido para eliminar la plata, zinc y otras impurezas; posteriormente varios bullones (doré) se funden en lingotes y se envían a refinación electrolítica.

#### **1.4 RECUPERACIÓN DEL ORO Y LA PLATA DE LAS SOLUCIONES LIXIVIANTES**

Los procesos que se emplean para recuperar el oro y la plata de las soluciones cosecha, son:

- Con polvo de Zinc (Merrill Crowe)

#### 1.4.1 Método del Polvo de Zinc (Merrill Crowe)

El fundamento del uso del zinc como precipitante se basa en que el oro y la plata se encuentran en el extremo opuesto al zinc en la serie electromotriz, y son por tanto desplazados electroquímicamente por éste de las soluciones cianuradas.

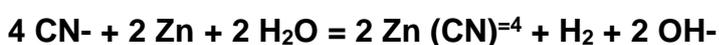
Adicionalmente la formación del complejo  $\text{Zn}(\text{CN})^{=4}$  ocurre con gran facilidad, permitiendo la completa sustitución del oro y la plata de sus complejos cianurados.



En ella se pueden diferenciar las etapas de reemplazamiento electroquímico del oro por el zinc.



La disolución del zinc por acción del cianuro:



La reacción explica perfectamente los siguientes hechos, observados en la práctica:

1. Incremento de la alcalinidad después de la precipitación y evolución del hidrógeno gaseoso.

2. La presencia de cianuro libre favorece la precipitación.
3. La presencia de oxígeno disuelto disminuye la eficiencia de precipitación.

En el proceso de Merrill Crowe las soluciones son previamente clarificadas, para luego ser desoxigenadas en un tanque de vacío e inmediatamente precipitados con polvo de zinc (100% - 200 mallas) y filtradas para recuperar el precipitado que es posteriormente fundido y refinado de las impurezas como cobre, plomo, antimonio, bismuto, arsénico, telurio y el zinc residual.

El uso de sales de plomo en la precipitación es también benéfico, ya que la formación de un activo par galvánico plomo-zinc acelera la precipitación y eleva la eficiencia del proceso.

## **1.5 PRINCIPIOS DE FLOTACIÓN**

La separación de las especies valiosas a través del proceso de flotación se produce gracias a la diferencia en las propiedades físico químicas de la superficie de cada una de ellas.

La flotación surge como alternativa del proceso de separación a los medios densos, ya que la dificultad para la obtención de fluido con algunas densidades en particular se obligó a la utilización de modificadores de superficie, con el fin de mejorar la selectividad del proceso.

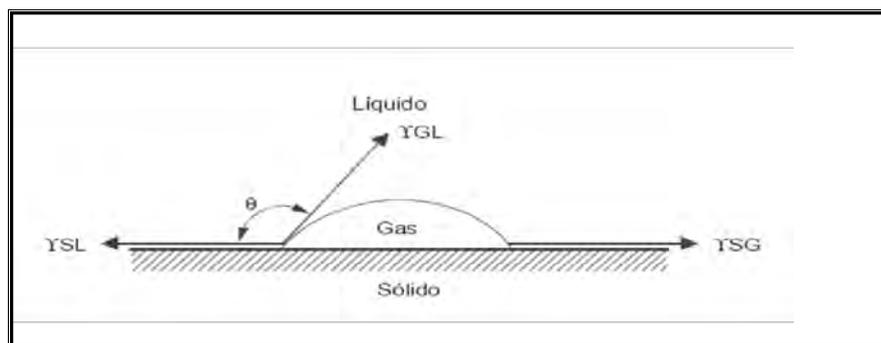
Estos modificadores permiten convertir selectivamente en hidrófoba la especie mineralógica a separar, de tal forma que ante la presencia de un medio constituido por agua y aire (burbujas), la especie hidrófoba rechace el agua y se adhiera a las burbujas de aire que ascienden hacia la superficie del líquido.

Las fases que intervienen en este proceso son: sólido (partículas finamente molidas), líquido (agua y reactivos) en las que están inmersas las partículas gas (aire) que se introduce dentro de la pulpa formando pequeñas burbujas.

En el proceso de la flotación, las partículas deben ser capaces de adherirse a las burbujas, esto se logra al desplazar el agua de la superficie del mineral, por lo que es necesario que la especie de interés sea en alguna medida repelente al agua o hidrófoba. Siempre y cuando el agregado de partículas-burbujas tenga una densidad global inferior a la del medio de separación, éstas podrán viajar hacia la superficie. No obstante, se requiere que la burbuja tenga la resistencia suficiente para llegar a la superficie sin romperse. Una vez que las burbujas alcanzan la superficie, es necesaria la formación de una espuma que mantenga retenida a las partículas, porque de lo contrario las burbujas se reventarán y las partículas flotadas viajarán de nuevo hacia el fondo de la celda de flotación.

Para que sea posible la flotación, es necesario que se adquiera las partículas a las burbujas y sean mayores que la tendencia a

establecer un contacto entre las partículas y el líquido. Este contacto entre el sólido y el líquido se determina mediante la medida del ángulo formado por la superficie del sólido y la burbuja. En la figura 1.4 se muestran las tensiones superficiales que se producen cuando están en contacto las tres fases.



**Figura 1.4.-** Ángulo de contacto.

El ángulo que se genera entre las tensiones interfacial es gas-líquido y sólido-líquido ( $\gamma_{GL}$  y  $\gamma_{SL}$  respectivamente) se llama ángulo de contacto ( $\theta$ ). Mientras mayor sea el ángulo de contacto mayor será el trabajo de adhesión entre la partícula y la burbuja.

### 1.5.1 Circuitos de flotación

Es importante tomar en cuenta los siguientes conceptos para evaluar los procesos de concentración, esto son los siguientes:

- El concepto de “ley” de un mineral se refiere al porcentaje en peso del componente valioso referido al total de la muestra.
- El concepto de “recuperación” de un cierto componente valioso (Cu, Ag, etc.) en un proceso de concentración determinado, se

refiere al porcentaje de “contenido de fino” (peso de Cu, Ag, etc. en la muestra) recuperado en dicho proceso.

En general, las leyes de los productos y la recuperación metalúrgica son parámetros muy importantes. En ambos casos se trata de maximizar estos valores, pero en la práctica se debe optar por valores que maximicen el “óptimo económico” del proceso. Lo anterior se debe a que estos parámetros se relacionan de manera inversa.

Este aspecto conduce a especializar diferentes etapas del proceso, destinadas a maximizar uno de los dos factores mencionados, con el fin de alcanzar un objetivo global técnico-económico de recuperación y ley de concentrado. Es así como se definen etapas de flotación según su objetivo, de la siguiente manera:

- Flotación primaria o rougher: destinada a maximizar la recuperación o más estrictamente a producir un relave lo más desprovisto posible de las especies de interés.
- Flotación de limpieza o cleaner: destinada a maximizar las leyes de concentrado con el fin último de alcanzar la pureza requerida en el producto final de la planta. Puede tenerse más de una de estas etapas, nominadas como 1ª limpieza, 2ª limpieza, etc.
- Flotación de barrido o de agotamiento o de repaso scavenger: destinada también a maximizar la recuperación. Suele ir a

continuación de alguna de las etapas anteriores retratando sus relaves. Se habla entonces de: scavenger-cleaner o scavenger-rougher, según sea el caso. Su objetivo es extremar al máximo la recuperación de cualquier partícula residual que quede en los relaves que se trata.

Según la especie mineralógica de la que se procese y del tipo de máquinas de flotación involucradas, se tendrán diversas configuraciones de circuitos posibles, los que involucrarán bancos de celdas mecánicas en serie, varios de ellos en paralelos (para dar la capacidad de tratamiento requerida), columnas de flotación e incluso etapas intermedias de remolienda de concentrado.

### **1.5.2. Reactivos de flotación**

Los reactivos usados en la flotación de mineral es pueden ser clasificados principalmente en tres tipos:

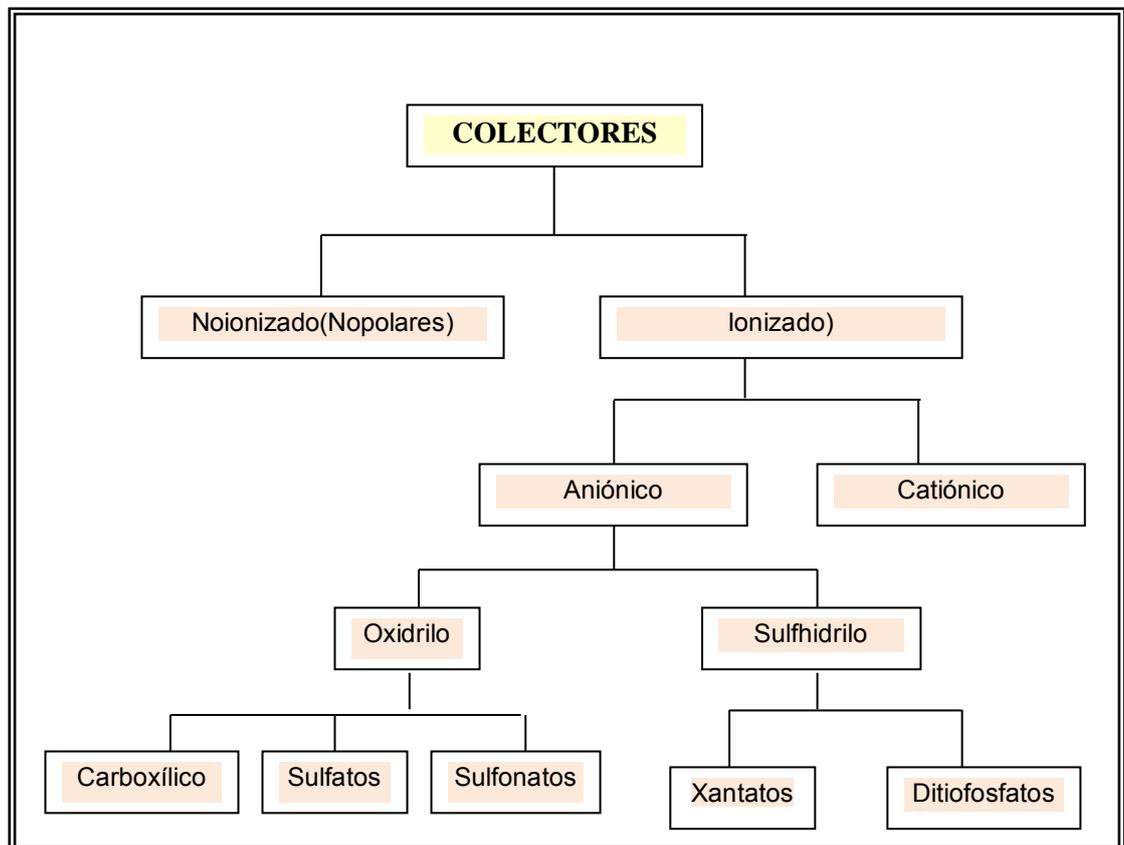
#### **1.5.2.1. Colectores**

Los colectores son compuestos orgánicos usualmente heteropolares solubles en agua. En general, el grupo polar es la parte del colector que se adsorbe en la superficie del mineral mientras que la cadena de hidrocarburos, siendo no-iónica por naturaleza, provee hidrofobicidad a la superficie del mineral después de la adsorción del colector.

Los colectores se clasifican según el grupo funcional o en el tipo de mineral colectados. En la figura 1.5 se presenta un esquema con los sub grupos de colectores.

Los colectores no polares o no ionizados son reactivos que no poseen grupos polares. Son fuertemente hidrófobos y se utilizan en la flotación de minerales con características pronunciadas de hidrofobicidad, como carbón, grafito, azufre y molibdenita.

En tanto, los colectores iónicos contienen un grupo funcional polar hidrófilo (ión colector que se orienta y adsorbe en la superficie del mineral) unido a una cadena de hidrocarburos (parte no polar hidrófoba que se orienta hacia la fase gaseosa). Al disociarse en agua, el ión puede ser un anión o catión, distinguiéndose entonces dos tipos de colectores iónicos: catiónicos y aniónicos.



**Figura 1.5.-** Clasificación de colectores.

Los colectores catiónicos más usados en la industria son las aminas, se está descontinuando por ser muy contaminantes. En solución, estos reactivos se disocian de modo que sus radicales con nitrógeno forman el catión, mientras el anión es un hidroxilo.

Los colectores aniónicos se disocian de modo que sus radicales junto con el grupo polar constituyen un anión, dejando en solución un catión. Estos se dividen en oxidrilos, tales como carboxilos (ácidos

grasos), sulfatos y sulfonatos, y en sulfhídricos, como xantatos, tiofosfatos y tiocarbamatos.

#### 1.5.2.2 Espumantes

Son compuestos orgánicos heteropolares, con gran afinidad con el agua. Son tenso activos, es decir, son reactivos que se adsorben selectivamente en la interface gas-líquido, reduciendo la tensión superficial. Permiten la formación de una espuma estable y la generación de burbujas pequeñas. Los más usados son los alcoholes, ácidos, poliglicoles y aminas.

#### 1.5.2.3 Modificadores

Son reactivos que generan condiciones que mejoran la colección o selectividad del proceso. Se pueden dividir en tres tipos: activadores, depresantes y modificadores de pH.

Activadores son reactivos que permiten aumentar la adsorción de los colectores sobre la superficie de los minerales o fortalecer el enlace entre la superficie y el colector. Ejemplos de ellos son el sulfato de cobre y el sulfuro o sulfhidrato de sodio.

Depresores son reactivos que sirven para disminuir la flotabilidad de un mineral haciendo su superficie más hidrófila o impidiendo la adsorción de colectores. Entre estos están el cianuro de sodio o calcio, cromatos bicromatos y sulfuro de sodio.

Modificadores son aquellos que regulan el pH utilizados en flotación industrial se encuentran la cal viva (CaO) o cal apagada o hidróxido de sodio (Ca (OH)<sub>2</sub>), el carbonato de sodio o soda ash (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), la soda caustica o hidróxido de sodio (NaOH) y el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

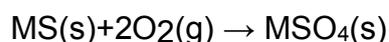
### 1.5.3. Flotación de sulfuros

Los sulfuros son fuertemente hidrófobos, lo cual permite que tengan una buena flotabilidad. Sin embargo, este comportamiento se ve afectado negativamente cuando existe una oxidación superficial o hay presencia de lamas.

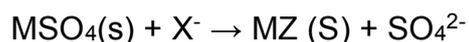
Para que la flotación de sulfuros sea efectiva, es necesaria la presencia de oxígeno con colectores sulfhídricos, y así ocurra la adsorción de este reactivo en el mineral. Este fenómeno puede ser explicado por dos teorías.

#### 1.5.3.1. Teoría química de la adsorción de xantato

Antes que ocurra la adsorción química del xantato en la superficie del mineral, los sulfuros reaccionan con el oxígeno presente en el medio acuoso alcalino, formándose especies oxidadas superficiales.



Luego, estos óxidos superficiales reaccionan con los iones colectores, generando sales metálicas, de menor solubilidad que las especies oxidadas.



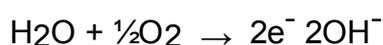
### 1.5.3.2 Teoría electroquímica de la adsorción de xantato

En la superficie del mineral se produce la oxidación de ciertos colectores sulfhídricos, los cuales son luego adsorbidos.

La reacción de oxidación de xantato (anódica), formándose dixantógeno es:



La reacción de reducción (catódica) es:



Los sulfuros son semi conductores lo cual permite que los electrones se transfieran a través del sólido.

El oxígeno, al ser aceptor de electrones, tomaría los electrones libres de las capas superficiales de la red cristalina. Esto permite la adsorción de los aniones xantatos y su oxidación a dixantógeno.

La adsorción de xantato es  $E_h$  dependiente. Bajos potenciales previenen la adsorción tanto el pH como el oxígeno disuelto afectan

el potencial de la pulpa. Aumentos en el pH tienden a reducir el potencial, mientras que aumentos en el oxígeno disuelto lo aumentan.

## **CAPITULO II**

### **CARACTERIZACION DEL MINERAL**

#### **2.1 MINERALOGÍA**

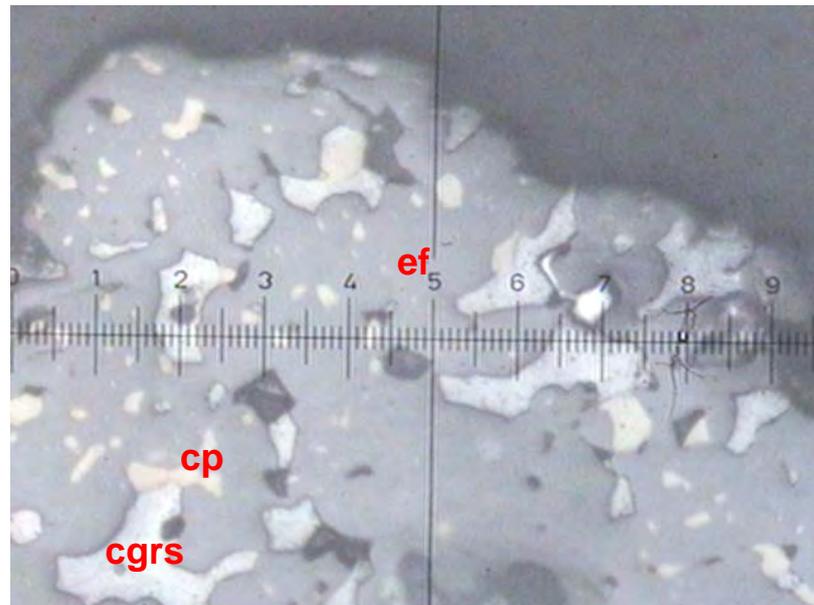
Para este estudio mineralógico las muestras fueron recibidas en fracciones granulométricas de mallas -10m+400m , con las cuales se hicieron briquetas pulidas de cada muestra y luego evaluadas utilizando un microscopio de polarización a fin de determinar la composición mineralógica, reconocimiento de los minerales económicos (galena, calcopirita, esfalerita etc.) los ínter crecimientos y ex soluciones.

**DESCRIPCION UTILIZADA**

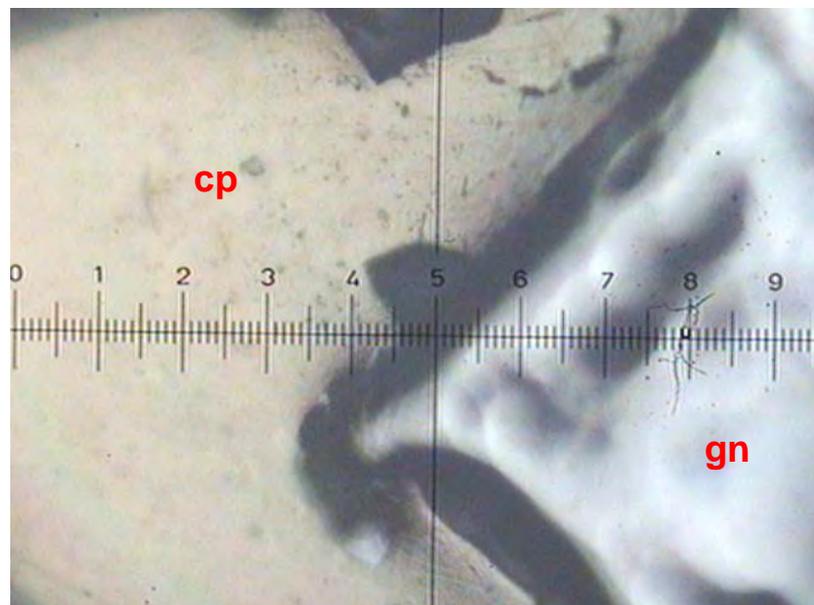
Pirita	(py)
Cobre Grises	(cgrs)
Gangas (cuarzo)	(ggs)
Galena	(gn)
Esfalerita	(ef)
Bornita	(bn)

En la muestra de mina malla -10m+400m, se observa granos de todos los tamaños grano de galena libres, piritas libres, gangas libres, granos mixtos binarios de galena/cobre grises, galena/gangas, gangas/pirita, esfalerita/gangas, calcopirita/pirita, calcopirita/cobre grises, también granos mixtos ternarios esfalerita/calcopirita/cobre grises, calcopirita/cobre grises/pirita. Se debe indicar que las gangas están alteradas (degradándose) superficialmente.

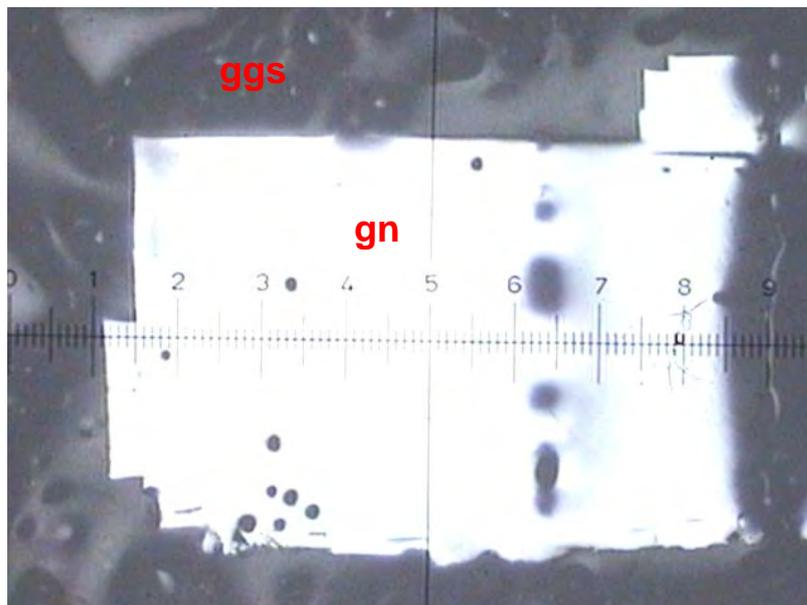
Ver figuras N° 2.1, 2.2, 2.3,2.4.



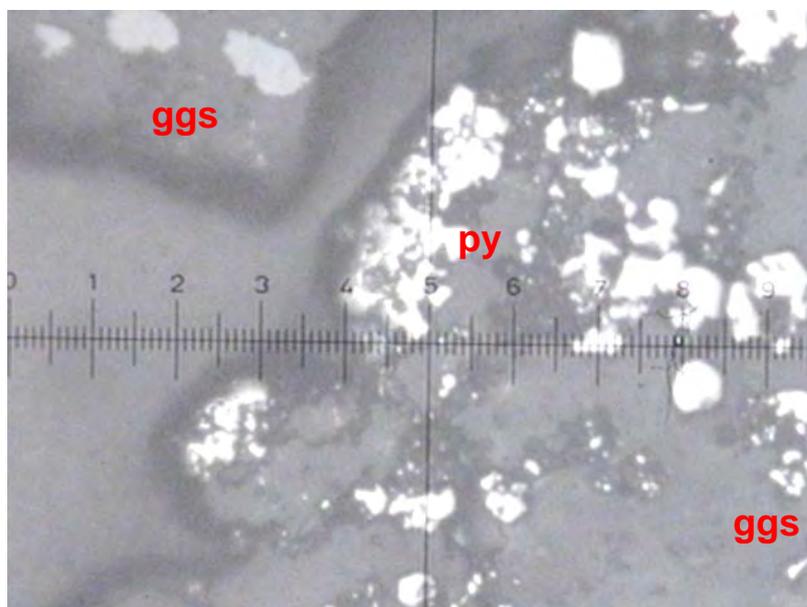
**Figura N° 2.1** Granos de esfalerita con inclusiones de cobre grises y calcopirita Nicoles paralelos, aumentos 200X



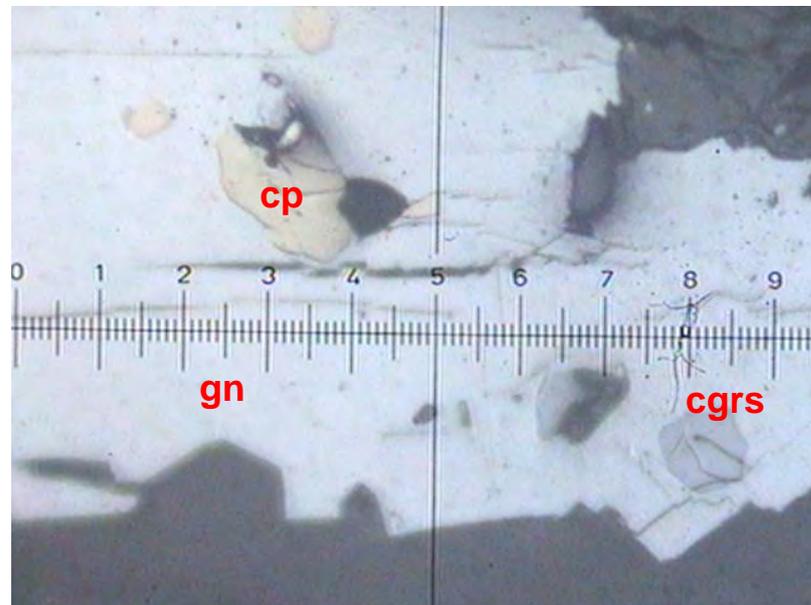
**Figura N° 2.2** Granos mixto binario de calcopirita/ Pirita nicoles paralelos, aumentos (200X)



**Figura N° 2.3** Granos libre de galena nicoles paralelos, aumentos (63X)



**Figura N° 2.4** Grano de gangas con inclusiones de pirita, nicoles paralelos, Aumentos (63X)



**Figura N° 2.5** Grano de galena con inclusiones de calcopirita y cobre grises, nicoles paralelos Aumentos (200X)

### CONCLUSIONES

- Las muestras en estudio realizado mediante luz reflejada, de la **muestra de mina** malla -10m+400m se observan granos libres, galena, pirita, gangas, granos mixtos binarios de galena /cobre grises, y granos mixtos terciarios. De esfalerita/calcopirita/cobre grises, Los granos de gangas con inclusiones de pirita en abundancia. La presencia de los cobres grises presentan contenidos significativos de plata en los concentrados de flotación. No se observa oro libre, aunque su presencia en los análisis químicos los relacione con las piritas, calcopiritas.

## 2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El análisis químico de una muestra representativa del yacimiento se muestra en la tabla N° 2.1.

**TABLA N° 2.1** Análisis Químico del mineral de cabeza

Mineral	Cu (%)	Pb (%)	Ag (oz/TM)	Zn (%)	Au (gr/TM)	Fe (%)
<b>Cabeza</b>	0.04	0.15	7.12	0.41	0.70	2.60

## 2.3 DETERMINACIÓN DEL WORK INDEX

La determinación del Work Index se realizó empleando el método de Bond. El desarrollo del proceso se tiene en el Anexo I.

$$W.I. = \frac{44.5}{P1^{0.23} \times Gpb^{0.82} \times \left( \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)}$$

Donde

$$P1 = 100\% \text{ Passing } -70M \text{ (um)} = 212$$

$$Gpb = \text{Indice de Moliendabilidad (gr/rev.)} = 0.9584$$

$$P_{80} = 80\% \text{ Passing del producto (um)} = 186$$

$$F_{80} = 80\% \text{ Passing del alimento (um)} = 2062$$

$$W.I. = 26.20 \text{ Kwh/tc}$$

$$W.I. = 28.86 \text{ Kwh/TM}$$

## 2.4 DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL

La determinación de la Gravedad Específica del mineral se realizó empleando el método del picnómetro. El desarrollo del proceso se tiene en el Anexo I.

PESO DEL PICNOMETRO (P)	51.50	47.85	
PICNOMETRO+MINERAL (M)	105.20	103.90	
PICNOMETRO+MINERAL + AGUA (W)	182.58	180.18	
PICNOMETRO+AGUA (S)	150.13	146.70	
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA (GR/CC)</b>	<b>2.53</b>	<b>2.48</b>	<b>2.51 gr/cc</b>

## 2.5 PRUEBAS DE MOLIENDA Y ANALISIS GRANULOMETRICO

### 2.5.1 Molienda a "0" minutos

TABLA N° 2.2 Molienda a 0 minutos

MOLIENDA: "0" MINUTOS					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	% ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	242.80	24.28	24.28	75.72
+ 20 M	841	236.80	23.68	47.96	52.04
+ 30 M	595	93.90	9.39	57.35	42.65
+ 40 M	420	55.60	5.56	62.91	37.09
+ 50 M	297	65.20	6.52	69.43	30.57
+ 70 M	210	56.50	5.65	75.08	24.92
+ 100 M	150	39.20	3.92	79.00	21.00
+ 150 M	104	29.70	2.97	81.97	18.03
+ 200 M	74	26.90	2.69	84.66	<b>15.34</b>
- 200 M		153.40	15.34	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

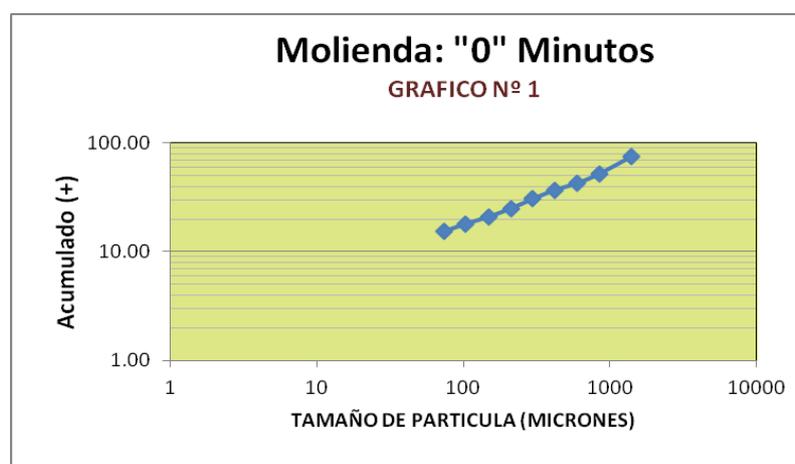


Figura N° 2.6 Curva granulométrica de Molienda a "0" minutos

## 2.5.2 Molienda a "15" minutos

TABLA Nº 2.3 Molienda a 15 minutos

MOLIENDA: "15" MINUTOS					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	51.10	5.11	5.11	94.89
+ 40 M	420	30.70	3.07	8.18	91.82
+ 50 M	297	67.90	6.79	14.97	85.03
+ 70 M	210	146.30	14.63	29.60	70.40
+ 100 M	150	134.00	13.40	43.00	57.00
+ 150 M	104	104.60	10.46	53.46	46.54
+ 200 M	74	101.60	10.16	63.62	<b>36.38</b>
- 200 M		363.80	36.38	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

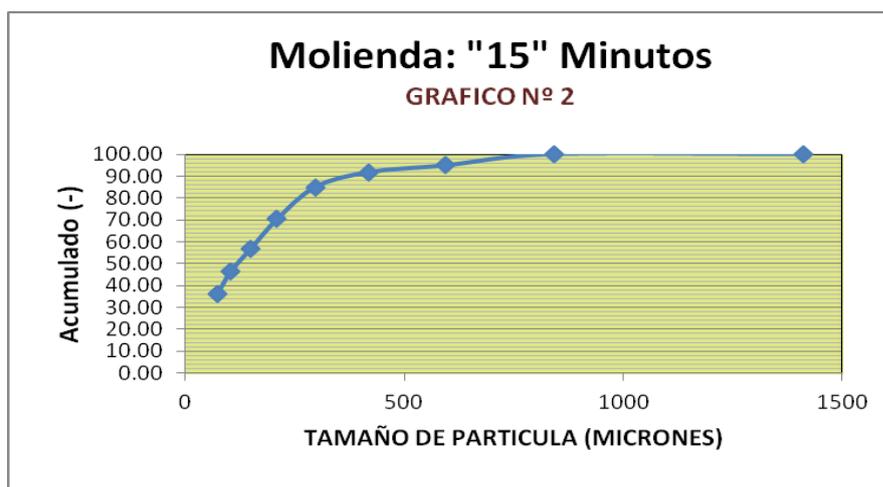
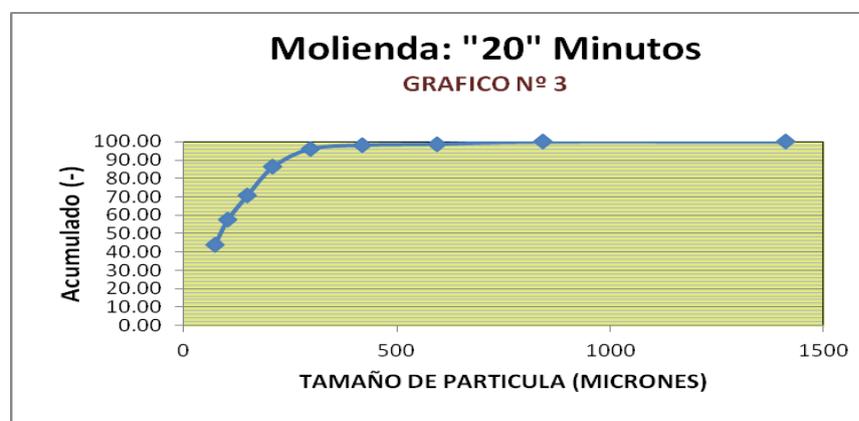


Figura Nº 2.7 Curva granulométrica de Molienda a "15" minutos

### 2.5.3 Molienda a "20" minutos

**TABLA Nº 2.4** Molienda a 20 minutos

MOLIENDA: "20" MINUTOS					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	12.00	1.20	1.20	98.80
+ 40 M	420	6.10	0.61	1.81	98.19
+ 50 M	297	20.80	2.08	3.89	96.11
+ 70 M	210	98.70	9.87	13.76	86.24
+ 100 M	150	155.00	15.50	29.26	70.74
+ 150 M	104	133.80	13.38	42.64	57.36
+ 200 M	74	135.20	13.52	56.16	<b>43.84</b>
- 200 M		438.40	43.84	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

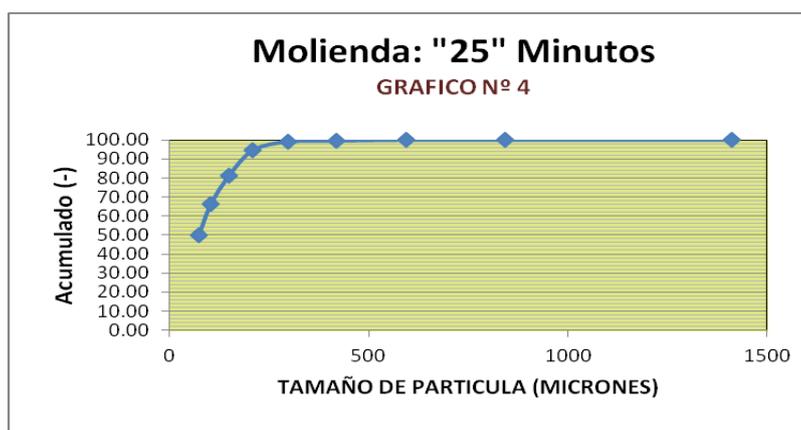


**Figura Nº 2.8** Curva granulométrica de Molienda a "20" minutos

## 2.5.4 Molienda a "25" minutos

**TABLA Nº 2.5** Molienda a 25 minutos

<b>MOLIENDA: "25" MINUTOS</b>					
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS</b>					
<b>MALLAS</b>	<b>TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)</b>	<b>PESO (GR)</b>	<b>% PESO</b>	<b>% ACUMULADO (+)</b>	<b>ACUMULADO (-)</b>
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 40 M	420	4.60	0.46	0.46	99.54
+ 50 M	297	4.90	0.49	0.95	99.05
+ 70 M	210	44.40	4.44	5.39	94.61
+ 100 M	150	132.50	13.25	18.64	81.36
+ 150 M	104	152.80	15.28	33.92	66.08
+ 200 M	74	163.30	16.33	50.25	<b>49.75</b>
- 200 M		497.50	49.75	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		



**Figura Nº 2.9** Curva granulométrica de Molienda a "25" minutos

### 2.5.5 Molienda a "30" minutos

TABLA N° 2.6 Molienda a 30 minutos

MOLIENDA: "30" MINUTOS ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 40 M	420	1.00	0.10	0.10	99.90
+ 50 M	297	0.60	0.06	0.16	99.84
+ 70 M	210	11.50	1.15	1.31	98.69
+ 100 M	150	65.20	6.52	7.83	92.17
+ 150 M	104	143.50	14.35	22.18	77.82
+ 200 M	74	180.00	18.00	40.18	<b>59.82</b>
- 200 M		598.20	59.82	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

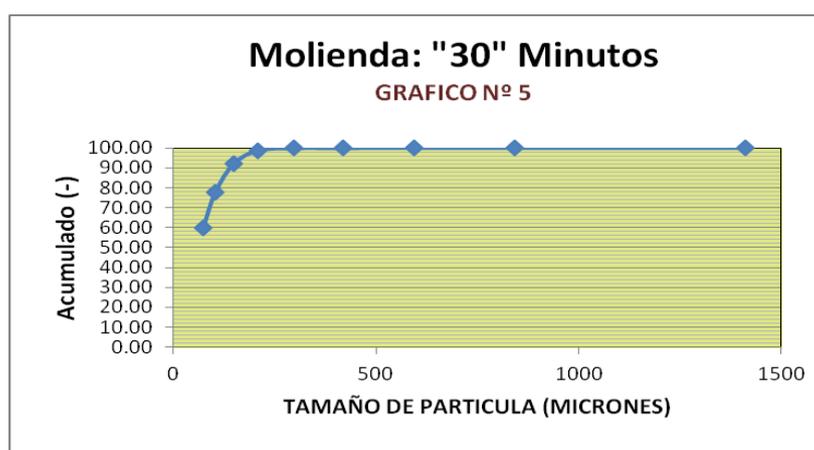


Figura N° 2.10 Curva granulométrica de Molienda a "30" minutos

## 2.5.6 Molienda a "40" minutos

TABLA Nº 2.7 Molienda a 40 minutos

MOLIENDA: "40" MINUTOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 40 M	420	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 50 M	297	0.30	0.03	0.03	99.97
+ 70 M	210	1.60	0.16	0.19	99.81
+ 100 M	150	18.10	1.81	2.00	98.00
+ 150 M	104	82.70	8.27	10.27	89.73
+ 200 M	74	196.20	19.62	29.89	<b>70.11</b>
- 200 M		701.10	70.11	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

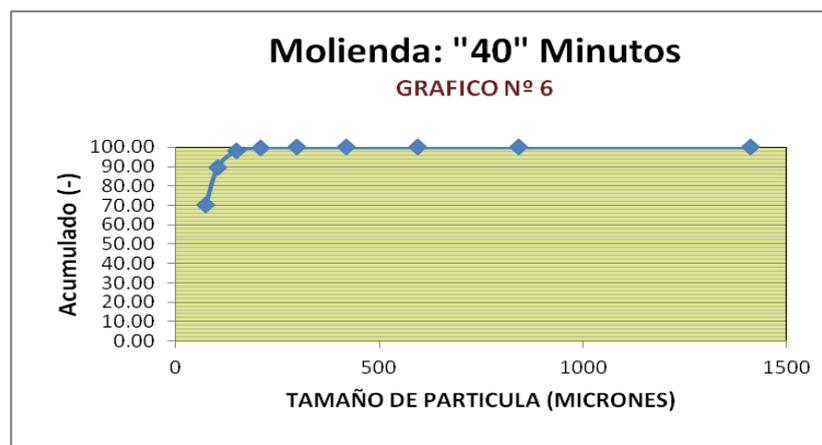


Figura Nº 2.11 Curva granulométrica de Molienda a "40" minutos

## 2.5.7 Molienda a "50" minutos

TABLA N° 2.8 Molienda a 50 minutos

MOLIENDA: "50" MINUTOS					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS					
MALLAS	TAMAÑO DE PARTICULA (micrones)	PESO (GR)	% PESO	% ACUMULADO (+)	ACUMULADO (-)
+ 14 M	1410	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 20 M	841	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 30 M	595	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 40 M	420	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 50 M	297	0.00	0.00	0.00	100.00
+ 70 M	210	0.40	0.04	0.04	99.96
+ 100 M	150	5.10	0.51	0.55	99.45
+ 150 M	104	34.20	3.42	3.97	96.03
+ 200 M	74	145.80	14.58	18.55	<b>81.45</b>
- 200 M		814.50	81.45	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>		

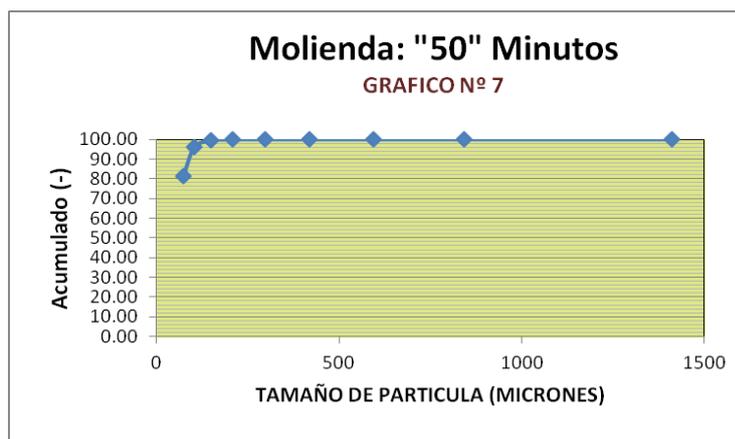


Figura N° 2.12 Curva granulométrica de Molienda a "50" minutos

## 2.6 PRUEBA DE MOLIENDABILIDAD

Se realizaron pruebas de molienda del mineral en estudio para determinar la curva de Moliendabilidad. La **tabla N° 2.9** y **figura N° 2.8**, nos muestran los resultados obtenidos.

**TABLA N° 2.9** Prueba de Moliendabilidad

<b>TIEMPO (minutos)</b>	<b>% - 200 mallas</b>
0	15.34
15	36.20
20	43.98
25	51.15
30	57.87
40	70.32
50	81.78
<b>60% -200 mallas =31´39”</b>	
<b>65% -200 mallas =35´37”</b>	
<b>70% -200 mallas =39´44”</b>	
<b>75% -200 mallas =44´00”</b>	
<b>80% -200 mallas =48´44”</b>	



Figura N° 2.13 Curva de Moliendabilidad

## **CAPITULO III**

### **PRUEBAS METALURGICAS**

#### **3.1 PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION**

Las pruebas de flotación se enfocaron empleando diversas etapas de acuerdo a los resultados se fueron modificando las condiciones experimentales.

##### **3.1.1 Primera etapa**

En esta primera etapa de pruebas de flotación se realizaron 06 pruebas de flotación empleando reactivos selectivos como el Z-11, MIBC, AR-242, AR-3418 y reactivos de mayor fuerza de flotación como el Z-6, DF-250, aceite de pino, AR-31. También se realizaron

las pruebas a pH natural y pH=8.5. La granulometría del mineral se mantuvo constante en 65% -200 mallas.

#### 3.1.1.1 Prueba de Flotación N° 1.-

Esta prueba de flotación se realizó a un pH natural, con adición de reactivos selectivos.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-242	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 11	:	100 gr/TM
MIBC	:	27 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 11	:	50 gr/TM
MIBC	:	9 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk**

MIBC	:	9 gr/TM
Flotación	:	3'

La Tabla N° 3.1, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 1

### BALANCE METALURGICO

**Tabla N° 3.1.-** Prueba de Flotación N° 1 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700	0.410	100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-1</b>	<b>13.50</b>	<b>1.35</b>	<b>2.790</b>	<b>212.680</b>	<b>14.250</b>	<b>6.830</b>	<b>26.24</b>	<b>44.84</b>	<b>22.53</b>	<b>74.07</b>
Medios Bulk -1	42.50	4.25	0.270	28.010	4.460		7.99	18.59	22.20	
<b>Conc. Rougher Bulk-1</b>	<b>56.00</b>	<b>5.60</b>	<b>0.878</b>	<b>72.529</b>	<b>6.820</b>		<b>34.23</b>	<b>63.44</b>	<b>44.73</b>	<b>17.86</b>
Relave Flotación-1	944.00	94.40	0.100	2.480	0.500		65.77	36.56	55.27	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.144	6.403	0.854		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.1.2 Prueba de Flotación N° 2.-

Esta prueba de flotación se realizo a un pH= 8.5, con adición de reactivos selectivos.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-242	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH	:	8.5
Cal	:	1.2 kg/TM

Z- 11 : 100 gr/TM

MIBC : 27 gr/TM

Flotación : 5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 11 : 50 gr/TM

MIBC : 9 gr/TM

Flotación : 3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

MIBC : 9 gr/TM

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.2, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 2.

## BALANCE METALURGICO

**Tabla N° 3.2.-** Prueba de Flotación N° 2 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>	0.150	7.120	0.700	0.410	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	
<b>Conc. Bulk-2</b>	<b>15.75</b>	<b>1.58</b>	<b>2.370</b>	<b>229.770</b>	<b>14.300</b>	<b>6.280</b>	<b>27.79</b>	<b>56.52</b>	<b>28.23</b>	<b>63.49</b>
Medios Bulk -2	<b>49.45</b>	4.95	0.260	12.640	3.070		9.57	9.76	19.03	
<b>Conc. Rougher Bulk-2</b>	<b>65.20</b>	<b>6.52</b>	<b>0.770</b>	<b>65.091</b>	<b>5.783</b>		<b>37.36</b>	<b>66.28</b>	<b>47.27</b>	<b>15.34</b>
Relave Flotación-2	934.80	93.48	0.090	2.310	0.450		62.64	33.72	52.73	
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.134</b>	<b>6.403</b>	<b>0.798</b>		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	

### 3.1.1.3 Prueba de Flotación N° 3.-

Esta prueba de flotación se realizó a un pH natural, con adición de reactivos fuertes.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM

DF-250 : 24 gr/TM

Flotación : 5'

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3'

Z- 6 : 50 gr/TM

DF-250 : 8 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3'

La Tabla N° 3.3, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 3.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.3.-** Prueba de Flotación N° 3 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>	0.150	7.120	0.700	0.410	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	
<b>Conc. Bulk-3</b>	<b>17.00</b>	<b>1.70</b>	<b>2.500</b>	<b>249.300</b>	<b>14.470</b>	<b>5.940</b>	<b>27.00</b>	<b>57.43</b>	<b>37.24</b>	<b>58.82</b>
Medios Bulk -3	<b>35.60</b>	3.56	0.300	16.920	2.330		6.79	8.16	12.56	
<b>Conc. Rougher Bulk-3</b>	<b>52.60</b>	<b>5.26</b>	<b>1.011</b>	<b>92.024</b>	<b>6.254</b>		<b>33.79</b>	<b>65.59</b>	<b>49.80</b>	<b>19.01</b>
Relave Flotación-3	947.40	94.74	0.110	2.680	0.350		66.21	34.41	50.20	
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.157</b>	<b>7.379</b>	<b>0.661</b>		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	

### 3.1.1.4 Prueba de Flotación N° 4.-

Esta prueba de flotación se realizo a un pH=8.5, con adición de reactivos fuertes.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH	:	8.5
Cal	:	1.2 kg/TM

Z- 6 : 100 gr/TM

DF-250 : 24 gr/TM

Flotación : 5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

DF-250 : 8 gr/TM

Flotación : 3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.4, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 4.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.4.-** Prueba de Flotación N° 4 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700	0.410	100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-4</b>	<b>17.40</b>	<b>1.74</b>	<b>2.600</b>	<b>187.080</b>	<b>13.800</b>	<b>5.990</b>	<b>29.99</b>	<b>57.84</b>	<b>30.30</b>	<b>57.47</b>
Medios Bulk -4	40.90	4.09	0.280	1.610	2.220		7.59	1.17	11.46	
<b>Conc. Rougher Bulk-4</b>	<b>58.30</b>	<b>5.83</b>	<b>0.972</b>	<b>56.965</b>	<b>5.676</b>		<b>37.58</b>	<b>59.01</b>	<b>41.76</b>	<b>17.15</b>
Relave Flotación-4	941.70	94.17	0.100	2.450	0.490		62.42	40.99	58.24	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.151	5.628	0.792		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.1.5. Prueba de Flotación N° 5.-

Esta prueba de flotación se realizó a un pH natural, con adición de reactivos fuertes.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM

Aceite de pino : 24 gr/TM

Flotación : 5'

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3'

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3'

La Tabla N° 3.5, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 5.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.5.-Prueba de Flotación N° 5 del mineral polimetálico.**

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-5</b>	<b>24.90</b>	<b>2.49</b>	<b>1.740</b>	<b>214.960</b>	<b>13.100</b>	<b>4.550</b>	<b>32.41</b>	<b>71.81</b>	<b>49.08</b>	<b>40.16</b>
Medios Bulk -5	68.50	6.85	0.260	4.200	0.970		13.32	3.86	10.00	
<b>Conc. Rougher Bulk-5</b>	<b>93.40</b>	<b>9.34</b>	<b>0.655</b>	<b>60.388</b>	<b>4.204</b>		<b>45.74</b>	<b>75.67</b>	<b>59.08</b>	<b>10.71</b>
Relave Flotación-5	906.60	90.66	0.080	2.000	0.300		54.26	24.33	40.92	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.134	7.453	0.665		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.1.6 Prueba de Flotación N° 6.-

Esta prueba de flotación se realizo a un pH= 8.5, con adición de reactivos fuertes.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH	:	8.5
Cal	:	1.2 kg/TM

Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3´
Z- 6	:	50 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3´
-----------	---	----

La Tabla N° 3.6, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 6.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.6.-** Prueba de Flotación N° 6 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-6</b>	<b>25.20</b>	<b>2.52</b>	<b>1.610</b>	<b>191.250</b>	<b>16.700</b>	<b>4.350</b>	<b>31.36</b>	<b>64.99</b>	<b>52.14</b>	<b>39.68</b>
Medios Bulk -6	60.10	6.01	0.260	12.600	0.340		12.08	10.21	2.53	
<b>Conc. Rougher Bulk-6</b>	<b>85.30</b>	<b>8.53</b>	<b>0.659</b>	<b>65.378</b>	<b>5.173</b>		<b>43.44</b>	<b>75.21</b>	<b>54.67</b>	<b>11.72</b>
Relave Flotación-6	914.70	91.47	0.080	2.010	0.400		56.56	24.79	45.33	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.129	7.415	0.807		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.2 Segunda etapa

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Primera etapa se considera que las condiciones empleadas en la prueba de flotación N° 5, son las mejores. En esta segunda etapa se usaran dichas condiciones donde solo la variable sera la granulometría. 60%, 70%, 75% y 80% -200 mallas.

#### 3.1.2.1 Prueba de Flotación N° 7

Esta prueba de flotación se realizo 60% -200 mallas.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	60% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	31'39"

## **FLOTACION**

### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5'

### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 6	:	50 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3'
-----------	---	----

La Tabla N° 3.7, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 7.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.7.-** Prueba de Flotación N° 7 del mineral polimetálico. 60% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-7</b>	<b>18.40</b>	<b>1.84</b>	<b>1.700</b>	<b>254.190</b>	<b>14.550</b>	<b>5.230</b>	<b>25.51</b>	<b>63.02</b>	<b>31.70</b>	<b>54.35</b>
Medios Bulk -7	58.20	5.82	0.300	10.190	1.820		14.24	7.99	12.54	
<b>Conc. Rougher Bulk-7</b>	<b>76.60</b>	<b>7.66</b>	<b>0.636</b>	<b>68.801</b>	<b>4.878</b>		<b>39.75</b>	<b>71.01</b>	<b>44.24</b>	<b>13.05</b>
Relave Flotación-7	923.40	92.34	0.080	2.330	0.510		60.25	28.99	55.76	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.123	7.422	0.845		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.2.2 Prueba de Flotación N° 8

Esta prueba de flotación se realizo 70% -200 mallas.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	70% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	39´44”

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5´
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM

Flotación : 5´

### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.8, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 8.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.8.-** Prueba de Flotación N° 8 del mineral polimetálico. 70% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-8</b>	<b>20.20</b>	<b>2.02</b>	<b>1.710</b>	<b>248.900</b>	<b>14.790</b>	<b>5.280</b>	<b>27.73</b>	<b>67.05</b>	<b>34.09</b>	<b>49.50</b>
Medios Bulk -8	58.20	5.82	0.280	10.940	1.690		13.08	8.49	11.22	
<b>Conc. Rougher Bulk-8</b>	<b>78.40</b>	<b>7.84</b>	<b>0.648</b>	<b>72.251</b>	<b>5.065</b>		<b>40.81</b>	<b>75.54</b>	<b>45.31</b>	<b>12.76</b>
Relave Flotación-8	921.60	92.16	0.080	1.990	0.520		59.19	24.46	54.69	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.125	7.498	0.876		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.2.3. Prueba de Flotación N° 9.-

Esta prueba de flotación se realizo 75% -200 mallas.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	75% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	44'00"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM

Flotación : 5´

### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.9, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 9.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.9** Prueba de Flotación N° 9 del mineral polimetálico. 75% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-9</b>	<b>23.00</b>	<b>2.30</b>	<b>1.770</b>	<b>236.770</b>	<b>17.950</b>	<b>4.690</b>	<b>33.76</b>	<b>68.77</b>	<b>52.42</b>	<b>43.48</b>
Medios Bulk -9	67.60	6.76	0.240	8.470	0.700		13.45	7.23	6.01	
<b>Conc. Rougher Bulk-9</b>	<b>90.60</b>	<b>9.06</b>	<b>0.628</b>	<b>66.427</b>	<b>5.079</b>		<b>47.21</b>	<b>76.00</b>	<b>58.43</b>	<b>11.04</b>
Relave Flotación-9	909.40	90.94	0.070	2.090	0.360		52.79	24.00	41.57	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.121	7.919	0.788		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.2.4. Prueba de Flotación N° 10.-

Esta prueba de flotación se realizo 80% -200 mallas.

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	80% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	48'24"

#### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM

Flotación : 5´

### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.10, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 10.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.10.-** Prueba de Flotación N° 10 del mineral polimetálico. 80% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-10</b>	<b>27.00</b>	<b>2.70</b>	<b>1.700</b>	<b>210.270</b>	<b>16.700</b>	<b>3.840</b>	<b>39.49</b>	<b>72.92</b>	<b>63.28</b>	<b>37.04</b>
Medios Bulk -10	70.30	7.03	0.230	3.020	0.640		13.91	2.73	6.31	
<b>Conc. Rougher Bulk-10</b>	<b>97.30</b>	<b>9.73</b>	<b>0.638</b>	<b>60.530</b>	<b>5.097</b>		<b>53.40</b>	<b>75.65</b>	<b>69.59</b>	<b>10.28</b>
Relave Flotación-10	902.70	90.27	0.060	2.100	0.240		46.60	24.35	30.41	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.116	7.785	0.713		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.3 Tercera etapa

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Segunda etapa se considera que la granulometría a considerarse es de 65%-70% -200 mallas. Se realizara la repetición de las 2 pruebas y se realizaran 2 pruebas adicionales incrementando los reactivos en la molienda para ver si mejora las recuperaciones.

#### 3.1.3.1. Prueba de Flotación N° 11.-

##### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 6	:	50 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3'
-----------	---	----

La Tabla N° 3.11, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 11.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.11.-** Prueba de Flotación N° 11 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-11</b>	<b>18.30</b>	<b>1.83</b>	<b>2.170</b>	<b>225.000</b>	<b>17.500</b>	<b>6.540</b>	<b>30.49</b>	<b>55.62</b>	<b>49.09</b>	<b>54.64</b>
Medios Bulk -11	75.10	7.51	0.240	19.600	0.800		13.84	19.88	9.21	
<b>Conc. Rougher Bulk-11</b>	<b>93.40</b>	<b>9.34</b>	<b>0.618</b>	<b>59.844</b>	<b>4.072</b>		<b>44.32</b>	<b>75.51</b>	<b>58.31</b>	<b>10.71</b>
Relave Flotación-11	906.60	90.66	0.080	2.000	0.300		55.68	24.49	41.69	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.130	7.403	0.652		100.00	100.00	100.00	

## 3.1.3.2. Prueba de Flotación N° 12.-

**Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	600 gr/TM
AR-131	:	100 gr/TM
AR-3418	:	100 gr/TM
AR-404	:	100 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	200 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3'
-----------	---	----

La Tabla N° 3.12, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 12.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.12.-** Prueba de Flotación N° 12 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-12</b>	<b>21.90</b>	<b>2.19</b>	<b>2.070</b>	<b>218.250</b>	<b>25.610</b>	<b>5.010</b>	<b>33.71</b>	<b>62.27</b>	<b>59.82</b>	<b>45.66</b>
Medios Bulk -12	72.60	7.26	0.230	15.200	0.200		12.42	14.38	1.55	
<b>Conc. Rougher Bulk-12</b>	<b>94.50</b>	<b>9.45</b>	<b>0.656</b>	<b>62.256</b>	<b>6.089</b>		<b>46.13</b>	<b>76.64</b>	<b>61.37</b>	<b>10.58</b>
Relave Flotación-12	905.50	90.55	0.080	1.980	0.400		53.87	23.36	38.63	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.134	7.676	0.938		100.00	100.00	100.00	

## 3.1.3.3. Prueba de Flotación N° 13.-

**Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	70% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	39'44"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 6	:	50 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3'
-----------	---	----

La Tabla N° 3.13, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 13.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.13.-** Prueba de Flotación N° 13 del mineral polimetálico. 70% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-13</b>	<b>25.10</b>	<b>2.51</b>	<b>1.620</b>	<b>200.010</b>	<b>21.110</b>	<b>4.380</b>	<b>31.53</b>	<b>67.90</b>	<b>62.28</b>	<b>39.84</b>
Medios Bulk -13	86.00	8.60	0.200	6.930	0.630		13.34	8.06	6.37	
<b>Conc. Rougher Bulk-13</b>	<b>111.10</b>	<b>11.11</b>	<b>0.521</b>	<b>50.551</b>	<b>5.257</b>		<b>44.86</b>	<b>75.96</b>	<b>68.65</b>	<b>9.00</b>
Relave Flotación-13	888.90	88.89	0.080	2.000	0.300		55.14	24.04	31.35	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.129	7.394	0.851		100.00	100.00	100.00	

## 3.1.3.4. Prueba de Flotación N° 14.-

**Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	70% -200 mallas
CuSO <sub>4</sub>	:	600 gr/TM
AR-131	:	100 gr/TM
AR-3418	:	100 gr/TM
AR-404	:	100 gr/TM
Tiempo de molienda	:	39'44"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	200 gr/TM
Aceite de pino	:	24 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento	:	3'
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk**

Flotación	:	3'
-----------	---	----

La Tabla N° 3.14, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 14.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.14.-** Prueba de Flotación N° 14 del mineral polimetálico. 70% - 200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-14</b>	<b>27.80</b>	<b>2.78</b>	<b>1.640</b>	<b>175.860</b>	<b>14.540</b>	<b>3.940</b>	<b>34.19</b>	<b>69.21</b>	<b>62.37</b>	<b>35.97</b>
Medios Bulk -14	76.80	7.68	0.210	6.750	0.610		12.09	7.34	7.23	
<b>Conc. Rougher Bulk-14</b>	<b>104.60</b>	<b>10.46</b>	<b>0.590</b>	<b>51.695</b>	<b>4.312</b>		<b>46.28</b>	<b>76.55</b>	<b>69.60</b>	<b>9.56</b>
Relave Flotación-14	895.40	89.54	0.080	1.850	0.220		53.72	23.45	30.40	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.133	7.064	0.648		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.4 Cuarta etapa

De acuerdo a la mineralogía se observa que existe en el mineral de plata, probablemente electrum, que es pesado, por lo que se planteó el siguiente programa de pruebas combinadas: realizar la gravimetría en concentrador gravimétrico centrífugo tipo Falcón y flotar el relave de la gravimetría.

Se realizaron pruebas a 65%, 70%, 75% y 80% -200 mallas, las que se detallan a continuación.

#### 3.1.4.1 Prueba de Gravimetría y Flotación de Relave gravimétrico N°

15.-

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	65% -200 mallas
Tiempo de molienda	:	35'57"

#### **GRAVIMETRÍA FALCON**

Peso de Concentrado Gravimétrico	:	6.9 gr
----------------------------------	---	--------

#### **Flotación del Relave de Gravimetría**

CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
-------------------	---	-----------

AR-131 : 50 gr/TM

AR-3418 : 50 gr/TM

AR-404 : 50 gr/TM

### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento : 5'

pH natural : 7.9

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 16 gr/TM

Flotación : 5'

### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3'

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3'

### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3'

.

La Tabla N° 3.15, nos muestra el Balance de la Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 15

### BALANCE METALURGICO

La Tabla N° 3.15.- Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 15 del mineral polimetálico. 65% -200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
Conc. Falcón-15	6.90	0.69	1.630	320.000	35.200		13.17	29.01	36.74	144.93
<b>Conc. Bulk-15</b>	<b>10.40</b>	<b>1.04</b>	<b>0.790</b>	<b>245.000</b>	<b>17.490</b>	<b>7.870</b>	<b>9.62</b>	<b>33.48</b>	<b>27.52</b>	<b>96.15</b>
Medios Bulk -15	30.20	3.02	0.290	28.300	1.200		10.26	11.23	5.48	
<b>Conc. Rougher Bulk-15</b>	<b>40.60</b>	<b>4.06</b>	<b>0.418</b>	<b>83.809</b>	<b>5.373</b>		<b>19.88</b>	<b>44.71</b>	<b>33.00</b>	<b>24.63</b>
<b>Conc. Falcón+Flotación-15</b>	<b>47.50</b>	<b>4.75</b>					<b>33.06</b>	<b>73.72</b>	<b>69.74</b>	
Relave Flotación-15	952.50	95.25	0.060	2.100	0.210		66.94	26.28	30.26	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.085	7.611	0.661		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.4.2. Prueba de Gravimetría y Flotación de Relave gravimétrico N°

16.-

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	70% -200 mallas
Tiempo de molienda	:	39'44"

#### **GRAVIMETRÍA FALCON**

Peso de Concentrado Gravimétrico	:	8.6 gr
----------------------------------	---	--------

#### **Flotación del Relave de Gravimetría**

CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM

#### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 16 gr/TM

Flotación : 5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.16, nos muestra el Balance de la Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 16.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.16.-** Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 16 del mineral polimetálico. 70% -200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
Conc. Falcón-16	8.60	0.86	1.390	340.000	32.600		14.07	38.01	41.21	116.28
<b>Conc. Bulk-16</b>	<b>8.40</b>	<b>0.84</b>	<b>0.810</b>	<b>242.000</b>	<b>19.930</b>	<b>8.050</b>	<b>8.01</b>	<b>26.43</b>	<b>24.61</b>	<b>119.05</b>
Medios Bulk -16	31.40	3.14	0.290	26.500	1.650		10.72	10.82	7.61	
<b>Conc. Rougher Bulk-16</b>	<b>39.80</b>	<b>3.98</b>	<b>0.400</b>	<b>71.982</b>	<b>5.508</b>		<b>18.73</b>	<b>37.24</b>	<b>32.22</b>	<b>25.13</b>
<b>Conc. Falcón+Flotación-16</b>	<b>48.40</b>	<b>4.84</b>					<b>32.80</b>	<b>75.26</b>	<b>73.43</b>	
Relave Flotación-16	951.60	95.16	0.060	2.000	0.190		67.20	24.74	26.57	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.085	7.692	0.680		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.4.3. Prueba de Gravimetría y Flotación de Relave gravimétrico N°

17.-

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	75% -200 mallas
Tiempo de molienda	:	44'00"

#### **GRAVIMETRÍA FALCON**

Peso de Concentrado Gravimétrico	:	8.5 gr
----------------------------------	---	--------

#### **Flotación del Relave de Gravimetría**

CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM

#### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 16 gr/TM

Flotación : 5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.17, nos muestra el Balance de la Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 17.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.17.-** Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 17 del mineral polimetálico. 75% -200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
Conc. Falcón-17	8.50	0.85	1.490	335.200	20.440		14.66	41.13	40.34	117.65
<b>Conc. Bulk-17</b>	<b>12.20</b>	<b>1.22</b>	<b>0.790</b>	<b>176.470</b>	<b>13.320</b>	<b>6.380</b>	<b>11.15</b>	<b>31.08</b>	<b>37.73</b>	<b>81.97</b>
Medios Bulk -17	35.70	3.57	0.210	6.350	0.530		8.68	3.27	4.39	
<b>Conc. Rougher Bulk-17</b>	<b>47.90</b>	<b>4.79</b>	<b>0.358</b>	<b>49.679</b>	<b>3.788</b>		<b>19.83</b>	<b>34.35</b>	<b>42.13</b>	<b>20.88</b>
<b>Conc. Falcón+Flotación-17</b>	<b>56.40</b>	<b>5.64</b>					<b>34.48</b>	<b>75.48</b>	<b>82.47</b>	
Relave Flotación-17	943.60	94.36	0.060	1.800	0.080		65.52	24.52	17.53	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.086	6.927	0.431		100.00	100.00	100.00	

### 3.1.4.4. Prueba de Gravimetría y Flotación de Relave gravimétrico N°

18.-

#### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	1/2
Granulometría	:	80% -200 mallas
Tiempo de molienda	:	48'24"

#### **GRAVIMETRÍA FALCON**

Peso de Concentrado Gravimétrico	:	4.70 gr
----------------------------------	---	---------

#### **Flotación del Relave de Gravimetría**

CuSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM

#### **Flotación Rougher Bulk**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 16 gr/TM

Flotación : 5´

#### **Flotación Scavenger Bulk**

Acondicionamiento : 3´

Z- 6 : 50 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3´

#### **Flotación Cleaner Bulk**

Flotación : 3´

La Tabla N° 3.18, nos muestra el Balance de la Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 18.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.18.-** Prueba de Gravimetría y Flotación del relave N° 18 del mineral polimetálico. 80% -200 mallas

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
Conc. Falcón-18	4.70	0.47	1.490	380.560	30.230		8.76	26.69	20.88	212.77
<b>Conc. Bulk-18</b>	<b>8.90</b>	<b>0.89</b>	<b>0.790</b>	<b>280.500</b>	<b>18.820</b>	<b>9.040</b>	<b>8.80</b>	<b>37.26</b>	<b>24.62</b>	<b>112.36</b>
Medios Bulk -18	44.60	4.46	0.210	18.260	0.970		11.72	12.15	6.36	
<b>Conc. Rougher Bulk-18</b>	<b>53.50</b>	<b>5.35</b>	<b>0.306</b>	<b>61.885</b>	<b>3.939</b>		<b>20.52</b>	<b>49.41</b>	<b>30.98</b>	<b>18.69</b>
<b>Conc. Falcón+Flotación-18</b>	<b>58.20</b>	<b>5.82</b>	<b>0.402</b>	<b>87.620</b>	<b>6.063</b>		<b>29.28</b>	<b>76.11</b>	<b>51.86</b>	
Relave Flotación-18	941.80	94.18	0.060	1.700	0.210		70.72	20.81	29.07	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.080	6.701	0.551		100.00	96.92	80.93	

### 3.1.5 Quinta etapa

De acuerdo a los resultados obtenidos en las etapas anteriores observamos que la recuperaciones de la plata no superan el 76% y el oro el 60%. Por lo que en esta se va a plantear 04 pruebas de flotación selectiva-fuerte (65%-70% -200 mallas) en el Rougher y los óxidos en el scavenger complementada con la cianuración del relave del flotación. Los resultados se muestran a continuación.

3.1.5.1. Prueba de Flotación Selectiva N° 19 y Cianuración del Relave de Flotación.-

#### Prueba de Flotación N° 19.-

##### Molienda

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
ZnSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-242	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

**FLOTACION****Flotación Rougher Bulk-sulfuros**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 11	:	100 gr/TM
MIBC	:	27 gr/TM
Flotación	:	5'

**Flotación Scavenger Bulk-óxidos**

Acondicionamiento	:	1'
Na <sub>2</sub> S	:	500 gr/TM
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite de pino	:	8 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk-I**

ZnSO <sub>4</sub>	:	100 gr/TM
Flotación	:	3'

**Flotación Cleaner Bulk-II**

Flotación : 2'

La Tabla N° 3.19, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 19.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.19.-** Prueba de Flotación N° 19 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-19</b>	<b>9.60</b>	<b>0.96</b>	<b>5.480</b>	<b>518.170</b>	<b>27.900</b>	<b>9.590</b>	<b>35.36</b>	<b>69.40</b>	<b>38.73</b>	<b>104.17</b>
Medios Bulk-II -19	12.20	1.22	0.610	18.220	1.400		5.00	3.10	2.47	
Medios Bulk-I -19	65.40	6.54	0.240	4.790	0.020		10.55	4.37	0.19	
<b>Conc. Rougher Bulk-19</b>	<b>87.20</b>	<b>8.72</b>	<b>0.869</b>	<b>63.188</b>	<b>3.282</b>		<b>50.91</b>	<b>76.87</b>	<b>41.39</b>	<b>11.47</b>
Relave Flotación-19	912.80	91.28	0.080	1.816	0.444		49.09	23.13	58.61	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.149	7.168	0.692		100.00	100.00	100.00	

## PRUEBA DE CIANURACION N° 1 DEL RELAVE DE LA FLOTACION N°19

### Condiciones:

Peso de mineral	:	0.913 kg
Granulometría	:	65% - 200 m

### Cianuración

Líquido/sólido	:	2.5/1
Fuerza de NaCN	:	0.1% (1 gr/lit)
PH	:	11
Cal	:	3.00 kg/TM
NaCN	:	0.92 kg/TM
Tiempo de agitación	:	72 horas

La Tabla N° 3.20, nos muestra el Balance Metalúrgico por plata y oro de la prueba de Cianuración por Agitación del relave de flotación N° 19 en estudio.

La figura N° 3.1, nos muestra las curvas cinéticas de extracción de la plata y el oro.

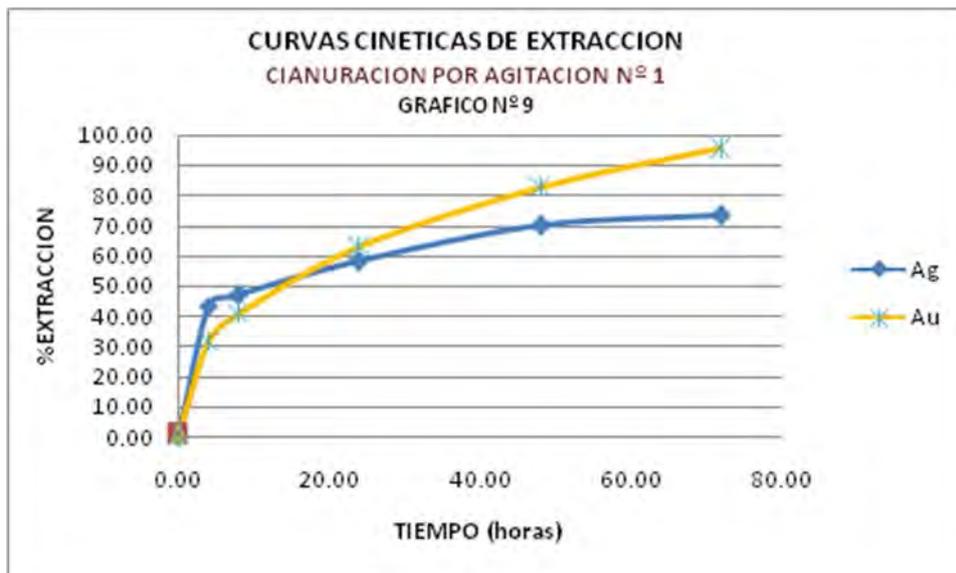
La figura N° 3.2, nos muestran la curva de consumo de Cianuro.

### BALANCE METALURGICO DE LA CIANURACION POR AGITACION

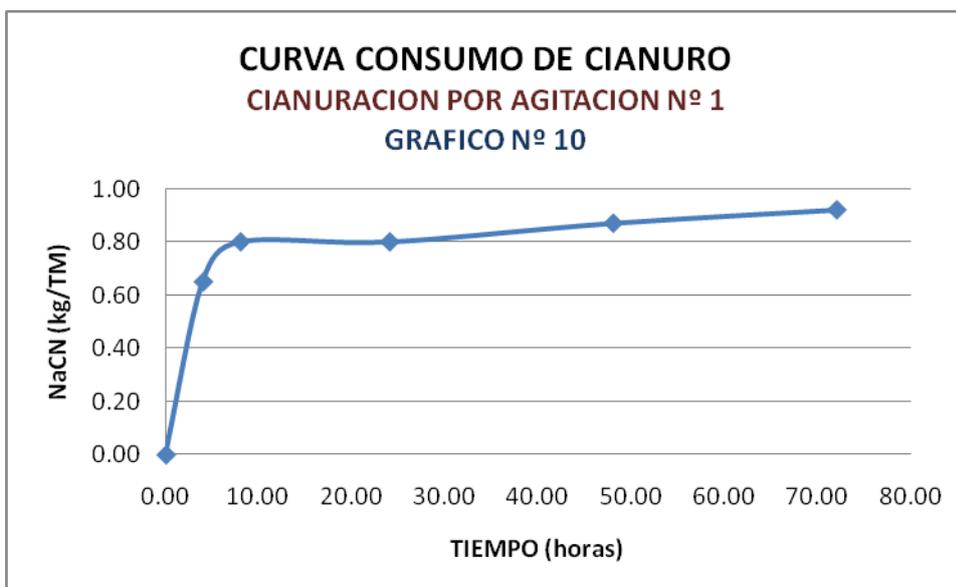
La Tabla N° 3.20.- Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 19

TIEMPO (HORAS)	VOL. SOL. COSECHA (LT)	LEYES SOLUCIONES		FINOS (mg)		EXTRACCION (%)		NaCN (kg/TM)	
		Ag (ppm)	Au (ppm)	Ag	Au	Ag	Au	Parcial	Acum.
4.00	2.50	8.940	0.051	22.3500	0.1275	43.34	31.44	0.65	0.65
8.00	2.50	9.520	0.065	24.2470	0.1651	47.02	40.70	0.15	0.80
24.00	2.50	11.610	0.100	29.9480	0.2558	58.08	63.07	0.00	0.80
48.00	2.50	13.830	0.130	36.0785	0.3358	69.96	82.80	0.07	0.87
72.00	2.50	14.250	0.148	37.8200	0.3873	<b>73.34</b>	<b>95.50</b>	0.05	<b>0.92</b>
<b>RELAVE (kg)</b>	0.913	15.060	0.020	13.7468	0.0183	26.66	4.50		
<b>CABEZA CALCULADA (kg)</b>	0.913	<b>56.493</b>	<b>0.444</b>	<b>51.5668</b>	<b>0.4056</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		
<b>CABEZA (oz Ag/TM)</b>	0.913	<b>1.816</b>							

(\*) En el balance se considera los 0.05 lts de solución extraída para los análisis químicos por plata, oro y cianuro.



**Figura N° 3.1** Curva cinética de extracción del oro y la plata



**Figura N° 3.2** Curva de consumo de NaCN

## BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 19 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION

En la siguiente Tabla N° 3.21 se resume el proceso combinado de la flotación N° 19 y la cianuración del relave.

**TABLA N° 3.21** Flotación N° 19 y cianuración del relave

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.12	0.70	100.00	100.00
<b>Conc. Rougher Bulk-19 (gr)</b>	<b>87.20</b>	<b>63.19</b>	<b>3.28</b>	<b>76.87</b>	<b>41.38</b>
Solución cianurada-19 (lt)(mg/lt)	2.50	15.13	0.15	16.97	55.99
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>93.83</b>	<b>97.36</b>
Relave Cianuración 19	912.80	0.44	0.18	6.17	2.64
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>7.17</b>	<b>0.69</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

3.1.5.2. Prueba de Flotación Selectiva N° 20 y Cianuración del Relave de Flotación.-

### Prueba de Flotación N° 20.-

#### Molienda

Peso de mineral : 1.0 kg

Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	65% -200 mallas
ZnSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	35'57"

## **FLOTACION**

### **Flotación Rougher Bulk-sulfuros**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM
Aceite pino	:	16 gr/TM
Flotación	:	5'

### **Flotación Scavenger Bulk-óxidos**

Acondicionamiento	:	1'
Na <sub>2</sub> S	:	500 gr/TM

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-I**

ZnSO<sub>4</sub> : 100 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-II**

Flotación : 2'

La Tabla N° 3.22, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 20.

## BALANCE METALURGICO

**La Tabla N° 3.22** .- Prueba de Flotación N° 20 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-20</b>	<b>8.70</b>	<b>0.87</b>	<b>6.230</b>	<b>531.590</b>	<b>38.540</b>	<b>10.080</b>	<b>37.05</b>	<b>67.93</b>	<b>58.79</b>	<b>114.94</b>
Medios Bulk-II -20	7.70	0.77	0.600	24.350	1.890		3.16	2.75	2.55	
Medios Bulk-I -20	58.60	5.86	0.230	6.620	0.400		9.21	5.70	4.11	
<b>Conc. Rougher Bulk- 20</b>	<b>75.00</b>	<b>7.50</b>	<b>0.964</b>	<b>69.337</b>	<b>4.977</b>		<b>49.42</b>	<b>76.39</b>	<b>65.45</b>	<b>13.33</b>
Relave Flotación-20	925.00	92.50	0.080	1.738	0.213		50.58	23.61	34.55	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.146	6.808	0.570		100.00	100.00	100.00	

## PRUEBA DE CIANURACION N° 2 DEL RELAVE DE LA FLOTACION N° 20

### Condiciones:

Peso de mineral	:	0.925 kg
Granulometría	:	65% - 200 m

### Cianuración

Líquido/sólido	:	2.5/1
Fuerza de NaCN	:	0.1% (1 gr/lit)
PH	:	11
Cal	:	3.00 kg/TM
NaCN	:	0.83 kg/TM
Tiempo de agitación	:	72 horas

La Tabla N° 3.23, nos muestra el Balance Metalúrgico por plata y oro de la prueba de Cianuración por Agitación del relave de flotación N° 20 en estudio.

La figura N° 3.3, nos muestra las curvas cinéticas de extracción de la plata y el oro.

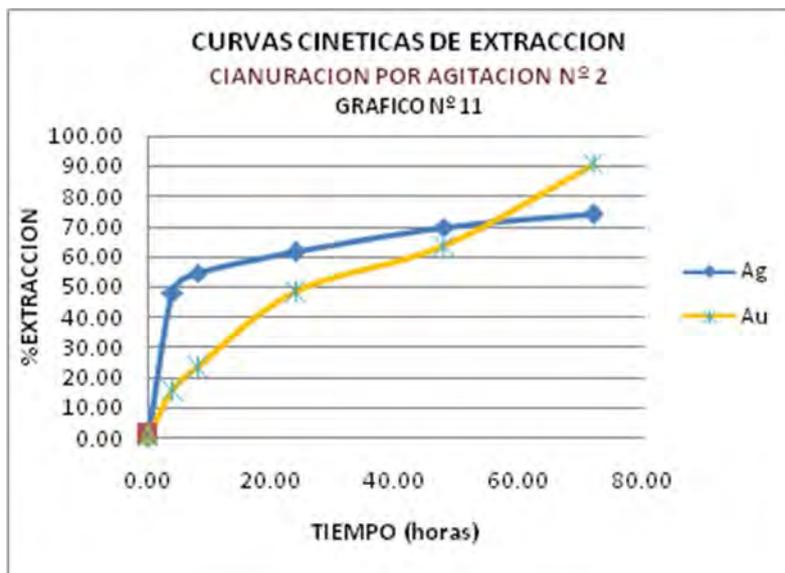
La figura N° 3.4, nos muestran la curva de consumo de Cianuro.

### BALANCE METALURGICO DE LA CIANURACION POR AGITACION

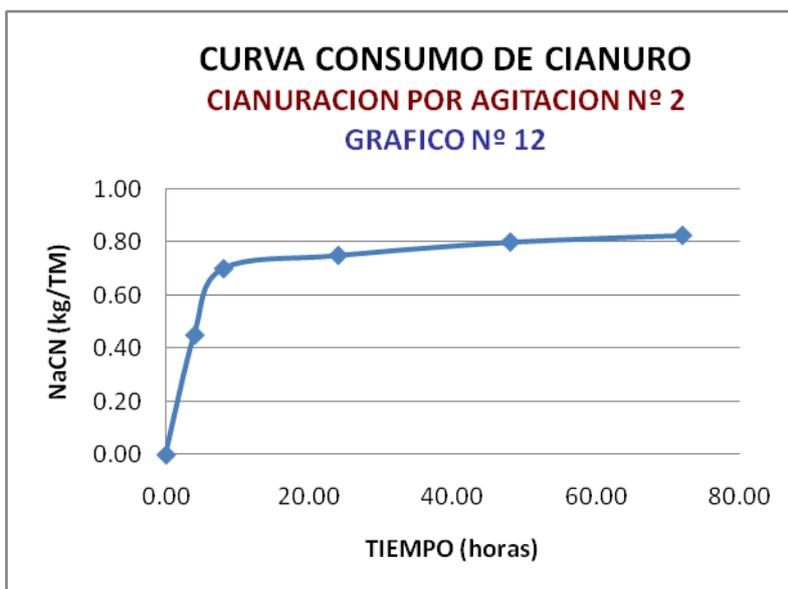
Tabla N° 3.23.- Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 20

TIEMPO (HORAS)	VOL. SOL. COSECHA (LT)	LEYES SOLUCIONES		FINOS (mg)		EXTRACCION (%)		NaCN (kg/TM)	
		Ag (ppm)	Au (ppm)	Ag	Au	Ag	Au	Parcial	Acum.
4.00	2.50	9.590	0.012	23.9750	0.0300	47.94	15.44	0.45	0.45
8.00	2.50	10.750	0.018	27.3545	0.0456	54.70	23.47	0.25	0.70
24.00	2.50	11.870	0.037	30.6920	0.0940	61.38	48.39	0.05	0.75
48.00	2.50	13.330	0.048	34.9355	0.1234	69.86	63.50	0.05	0.80
72.00	2.50	13.860	0.068	36.9270	0.1758	<b>73.84</b>	<b>90.48</b>	0.03	<b>0.83</b>
<b>RELAVE (kg)</b>	0.925	14.140	0.020	13.0795	0.0185	26.16	9.52		
<b>CABEZA CALCULADA (kg)</b>	0.925	<b>54.061</b>	<b>0.210</b>	<b>50.0065</b>	<b>0.1943</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		
<b>CABEZA (oz Ag/TM)</b>	0.925	1.738							

(\*) En el balance se considera los 0.05 lts de solución extraída para los análisis químicos por plata, oro y cianuro.



**Figura N° 3.3** Curva cinética de extracción del oro y la plata



**Figura N° 3.4** Curva de consumo de NaCN

## BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 20 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION

En la siguiente Tabla N° 3.24 se resume el proceso combinado de la flotación N° 20 y la cianuración del relave.

**Tabla N° 3.24** Flotación N° 20 y cianuración del relave

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.12	0.70	100.00	100.00
<b>Conc. Rougher Bulk-20 (gr)</b>	<b>75.00</b>	<b>69.34</b>	<b>4.98</b>	<b>76.38</b>	<b>65.77</b>
Solución cianurada-20 (lt)(mg/lt)	2.50	14.77	0.07	17.44	30.97
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>93.82</b>	<b>96.74</b>
Relave Cianuración 20	925.00	0.42	0.18	6.18	3.26
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.81</b>	<b>0.57</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

### 3.1.5.3. Prueba de Flotación Selectiva N° 21 y Cianuración del Relave de Flotación.-

#### **Prueba de Flotación N° 21.-**

##### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	70% -200 mallas
ZnSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-242	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	39'44"

##### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk-sulfuros**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 11	:	100 gr/TM

MIBC : 27 gr/TM

Flotación : 5'

#### **Flotación Scavenger Bulk-óxidos**

Acondicionamiento : 1'

Na<sub>2</sub>S : 500 gr/TM

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-I**

ZnSO<sub>4</sub> : 100 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-II**

Flotación : 2'

Tabla N° 3.25, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 21.

## BALANCE METALURGICO

**Tabla N° 3.25.-** Prueba de Flotación N° 21 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-21</b>	<b>9.70</b>	<b>0.97</b>	<b>5.710</b>	<b>472.960</b>	<b>26.750</b>	<b>9.450</b>	<b>37.05</b>	<b>67.93</b>	<b>58.79</b>	<b>114.94</b>
Medios Bulk-II -21	13.50	1.35	0.490	15.440	1.240		3.16	2.75	2.55	
Medios Bulk-I -21	76.60	7.66	0.170	4.280	0.240		9.21	5.70	4.11	
<b>Conc. Rougher Bulk-21</b>	<b>99.80</b>	<b>9.98</b>	<b>0.752</b>	<b>51.343</b>	<b>2.952</b>		<b>49.42</b>	<b>76.39</b>	<b>65.45</b>	<b>13.33</b>
Relave Flotación-21	900.20	90.02	0.080	1.818	0.299		50.58	23.61	34.55	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.147	6.761	0.564		100.00	100.00	100.00	

## PRUEBA DE CIANURACION N° 3 DEL RELAVE DE LA FLOTACION N° 21

### Condiciones:

Peso de mineral	:	0.900 kg
Granulometría	:	70% - 200 m

### Cianuración

Líquido/sólido	:	2.5/1
Fuerza de NaCN	:	0.1% (1 gr/lit)
PH	:	11
Cal	:	3.00 kg/TM
NaCN	:	0.96 kg/TM
Tiempo de agitación	:	72 horas

La Tabla N° 3.26, nos muestra el Balance Metalúrgico por plata y oro de la prueba de Cianuración por Agitación del relave de flotación N° 20 en estudio.

La figura N° 3.5, nos muestra las curvas cinéticas de extracción de la plata y el oro.

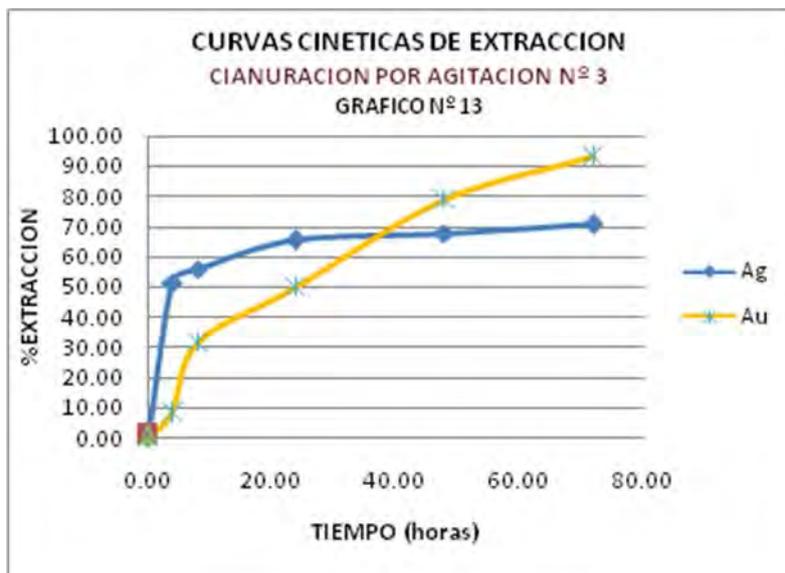
La figura N° 3.6, nos muestran la curva de consumo de Cianuro.

### BALANCE METALURGICO DE LA CIANURACION POR AGITACION

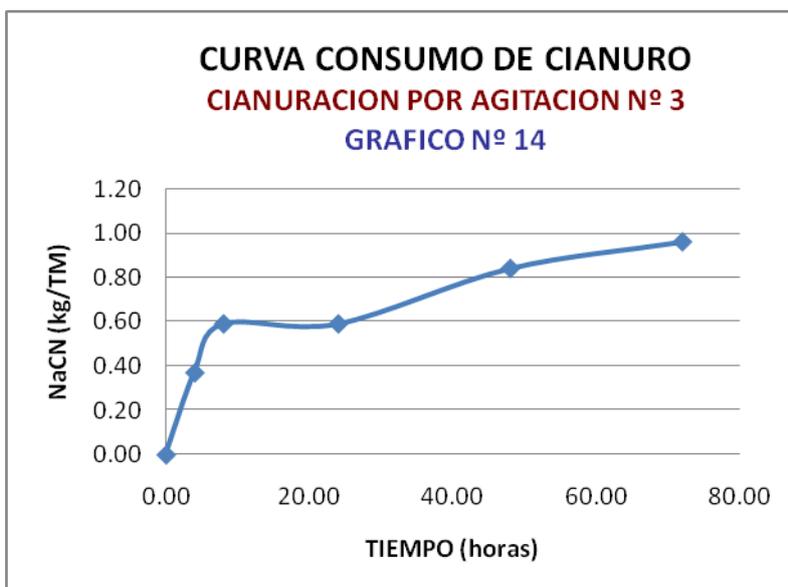
**TABLA N° 3.26.-** Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 21

TIEMPO (HORAS)	VOL. SOL. COSECHA (LT)	LEYES SOLUCIONES		FINOS (mg)		EXTRACCION (%)		NaCN (kg/TM)	
		Ag (ppm)	Au (ppm)	Ag	Au	Ag	Au	Parcial	Acum.
4.00	2.50	10.430	0.009	26.0750	0.0225	51.22	8.35	0.37	0.37
8.00	2.50	11.170	0.034	28.4465	0.0855	55.88	31.71	0.22	0.59
24.00	2.50	12.890	0.053	33.3050	0.1347	65.43	49.97	0.00	0.59
48.00	2.50	13.090	0.083	34.4495	0.2123	67.68	78.79	0.25	0.84
72.00	2.50	13.440	0.097	35.9790	0.2515	<b>70.68</b>	<b>93.32</b>	0.12	<b>0.96</b>
<b>RELAVE (kg)</b>	0.900	16.580	0.020	14.9253	0.0180	29.32	6.68		
<b>CABEZA CALCULADA (kg)</b>	0.900	<b>56.548</b>	<b>0.299</b>	<b>50.9043</b>	<b>0.2695</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		
<b>CABEZA (oz Ag/TM)</b>	1.000	1.818							

(\*) En el balance se considera los 0.05 lts de solución extraída para los análisis químicos por plata, oro y cianuro.



**Figura N° 3.5** Curva cinética de extracción del oro y la plata



**Figura N° 3.6** Curva de consumo de NaCN

## BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 21 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION

En la siguiente Tabla N° 3.27 se resume el proceso combinado de la flotación N° 21 y la cianuración del relave.

**TABLA N° 3.27** Flotación N° 21 y cianuración del relave

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.120	0.700	100.00	100.00
<b>Conc. Rougher Bulk-21 (gr)</b>	<b>99.80</b>	<b>51.343</b>	<b>2.952</b>	<b>75.79</b>	<b>52.23</b>
Solución cianurada-21 (lt)(mg/lt)	2.50	14.392	0.101	17.11	44.58
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>92.90</b>	<b>96.81</b>
Relave Cianuración 21	900.20	0.480	0.183	7.10	3.19
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.761</b>	<b>0.564</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

### 3.1.5.4. Prueba de Flotación Selectiva N° 22 y Cianuración del Relave de Flotación.-

#### **Prueba de Flotación N° 22.-**

##### **Molienda**

Peso de mineral	:	1.0 kg
Líquido/sólido	:	½
Granulometría	:	70% -200 mallas
ZnSO <sub>4</sub>	:	300 gr/TM
AR-131	:	50 gr/TM
AR-3418	:	50 gr/TM
AR-404	:	50 gr/TM
Tiempo de molienda	:	39'44"

##### **FLOTACION**

##### **Flotación Rougher Bulk-sulfuros**

Acondicionamiento	:	5'
pH natural	:	7.9
Z- 6	:	100 gr/TM

Aceite de pino : 16 gr/TM

Flotación : 5'

#### **Flotación Scavenger Bulk-óxidos**

Acondicionamiento : 1'

Na<sub>2</sub>S : 500 gr/TM

Z- 6 : 100 gr/TM

Aceite de pino : 8 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-I**

ZnSO<sub>4</sub> : 100 gr/TM

Flotación : 3'

#### **Flotación Cleaner Bulk-II**

Flotación : 2'

La Tabla N° 3.28, nos muestra el Balance de la Prueba de Flotación N° 22.

## BALANCE METALURGICO

**Tabla N° 3.28.-** Prueba de Flotación N° 22 del mineral polimetálico.

	Peso (gr)	% Peso	LEYES				RECUPERACION (%)			RADIO CONCENTRACION
			Pb (%)	Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Zn (%)	Pb %	Ag %	Au %	
Cabeza	1000.00	100.00	0.150	7.120	0.700		100.00	100.00	100.00	
<b>Conc. Bulk-22</b>	<b>13.30</b>	<b>1.33</b>	<b>4.770</b>	<b>378.010</b>	<b>23.340</b>	<b>7.590</b>	<b>39.42</b>	<b>72.54</b>	<b>62.09</b>	<b>75.19</b>
Medios Bulk-II -22	17.50	1.75	0.450	9.130	0.710		4.89	2.31	2.49	
Medios Bulk-I -22	92.90	9.29	0.210	3.440	0.180		12.12	4.61	3.34	
<b>Conc. Rougher Bulk-22</b>	<b>123.70</b>	<b>12.37</b>	<b>0.734</b>	<b>44.518</b>	<b>2.745</b>		<b>56.44</b>	<b>79.45</b>	<b>67.92</b>	<b>8.08</b>
Relave Flotación-22	876.30	87.63	0.080	1.625	0.183		43.56	20.55	32.08	
Cabeza Calculada	1000.00	100.00	0.161	6.931	0.500		100.00	100.00	100.00	

## PRUEBA DE CIANURACION N° 4 DEL RELAVE DE LA FLOTACION N° 22

### Condiciones:

Peso de mineral	:	0.876 kg
Granulometría	:	70% - 200 m

### Cianuración

Líquido/sólido	:	2.5/1
Fuerza de NaCN	:	0.1% (1 gr/lit)
PH	:	11
Cal	:	3.00 kg/TM
NaCN	:	0.96 kg/TM
Tiempo de agitación	:	72 horas

La Tabla N° 3.29, nos muestra el Balance Metalúrgico por plata y oro de la prueba de Cianuración por Agitación del relave de flotación N° 20 en estudio.

La figura N° 3.7, nos muestra las curvas cinéticas de extracción de la plata y el oro.

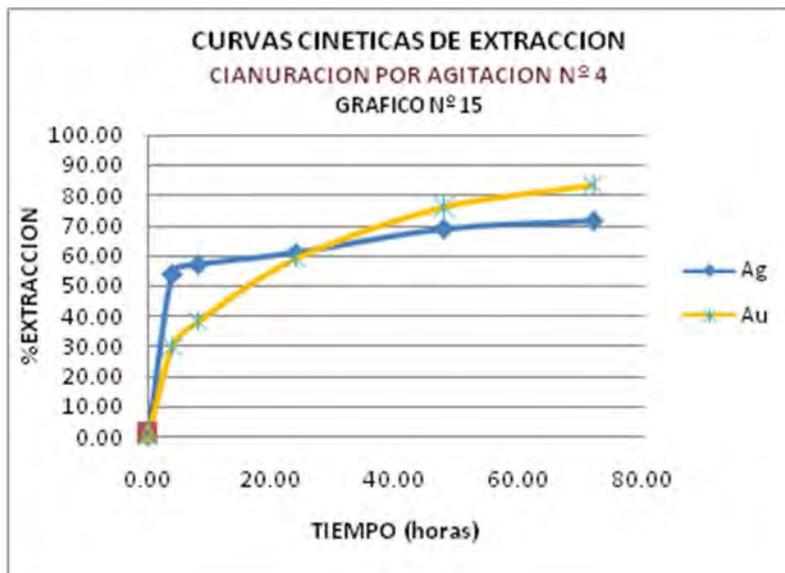
La figura N° 3.8, nos muestran la curva de consumo de Cianuro.

### BALANCE METALURGICO DE LA CIANURACION POR AGITACION

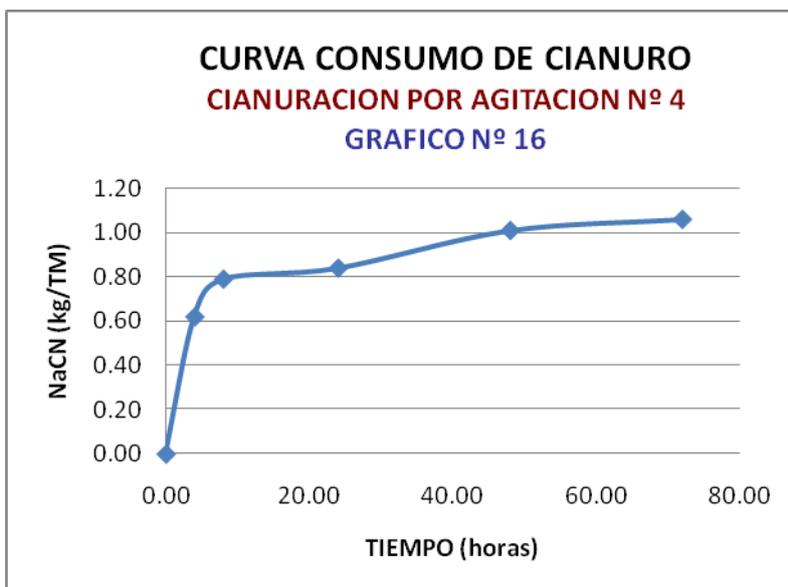
Tabla N° 3.29.- Balance Metalúrgico de la Cianuración del relave de Flotación N° 22

TIEMPO (HORAS)	VOL. SOL. COSECHA (LT)	LEYES SOLUCIONES		FINOS (mg)		EXTRACCION (%)		NaCN (kg/TM)	
		Ag (ppm)	Au (ppm)	Ag	Au	Ag	Au	Parcial	Acum.
4.00	2.50	9.480	0.019	23.7000	0.0475	53.51	29.66	0.62	0.62
8.00	2.50	9.890	0.024	25.1990	0.0610	56.89	38.06	0.17	0.79
24.00	2.50	10.430	0.037	27.0435	0.0947	61.06	59.10	0.05	0.84
48.00	2.50	11.590	0.047	30.4650	0.1215	68.78	75.87	0.17	1.01
72.00	2.50	11.810	0.051	31.5945	0.1339	<b>71.33</b>	<b>83.58</b>	0.05	<b>1.06</b>
<b>RELAVE (kg)</b>	0.876	14.490	0.030	12.6976	0.0263	28.67	16.42		
<b>CABEZA CALCULADA (kg)</b>	0.876	<b>50.544</b>	<b>0.183</b>	<b>44.2921</b>	<b>0.1601</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		
<b>CABEZA (oz Ag/TM)</b>	0.876	1.625							

(\*) En el balance se considera los 0.05 lts de solución extraída para los análisis químicos por plata, oro y cianuro.



**Figura N° 3.7** Curva cinética de extracción del oro y la plata



**Figura N° 3.8** Curva de consumo de NaCN

## BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 22 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION

En la siguiente La Tabla N° 3.30 se resume el proceso combinado de la flotación N° 22 y la cianuración del relave.

**TABLA N° 3.30** Flotación N° 22 y cianuración del relave

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.120	0.700	100.00	100.00
<b>Conc.Rougher Bulk-22 (gr)</b>	<b>123.70</b>	<b>44.518</b>	<b>2.745</b>	<b>79.45</b>	<b>67.95</b>
Solución cianurada-22 (lt)(mg/lt)	2.50	12.638	0.054	14.66	26.79
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>94.11</b>	<b>94.74</b>
Relave Cianuración 22	876.30	0.408	0.183	5.89	5.26
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.931</b>	<b>0.500</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

## CONCLUSIONES

1. Los minerales en estudio tienen poca cantidad de minerales sulfurados de plomo, zinc y regular cantidad de piritas, con cuarzos como gangas, se observa ligera presencia de óxidos.
2. De acuerdo a la molienda los minerales son de alta dureza.

## WORK INDEX

3. El Work Index determinado para el mineral en estudio por el método de Bond es de:

$$\boxed{W.I. = 26.20 \text{ Kwh/tc}}$$

Valor que indica que el mineral es de alta dureza por lo que se tendrá que considerar en la etapa de Molienda.

## GRAVEDAD ESPECÍFICA

4. La Gravedad específica determinado para el mineral por el método del Picnómetro es de:

**2.51 gr/cm<sup>3</sup>**

Valor referido a minerales de Silice las cuales tienen altas durezas.

## PRUEBAS DE FLOTACION

### PRIMERA ETAPA

A continuación se resumen las pruebas de flotación obtenidas en la primera etapa, cabe mencionar que esta etapa se considero la granulometría constante de 65% -200 mallas.

Nº	Flotación	pH	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag	Au
1	Selectiva, MIBC	Natural	212.68	14.25	63.44	22.53
2	Selectiva, MIBC	8.5	229.77	14.30	66.28	47.27
3	Fuerte, DF-250	Natural	249.30	14.47	65.59	49.80
4	Fuerte, DF-250	8.5	187.08	13.80	59.01	41.76
5	Fuerte, A. Pino	Natural	214.96	13.10	75.67	59.08
6	Fuerte, A. Pino	8.5	191.25	16.70	75.21	54.67

5. De acuerdo a las 6 pruebas realizadas en esta primera etapa se observa que no es necesario el uso de cal, para el pH=8.5, ya que

puede deprimir al oro y la plata. Se selecciona la flotación fuerte 6 a pH natural (7.9) empleando aceite de pino, AR-131, AR-404, AP3418.

## SEGUNDA ETAPA

A continuación se resumen las pruebas de flotación obtenidas en la segunda etapa, donde empleando las condiciones de la prueba 6, se realizaron 4 pruebas adicionales variando la granulometría.

Nº	Granulometría %-200 mallas	Leyes		Recuperación (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag	Au
7	60	254.19	14.55	71.01	44.24
5	65	214.96	13.10	75.67	59.08
8	70	248.90	14.79	75.54	45.31
9	75	236.77	17.95	76.00	58.43
10	80	210.27	16.17	75.65	69.59

6. De acuerdo a las 5 pruebas realizadas en esta segunda etapa se observa que la prueba 9 nos da mejores resultados, pero por ser una molienda muy fina (75% -200m), es más factible seleccionar como granulometrías óptimas entre 65%-70% -200 mallas.

### TERCERA ETAPA

En esta tercera etapa se realizaron pruebas 1ra selectiva y la 2da con mayor reactivos a 65% -200 mallas y 3ra prueba fuerte y la 4ta con mayor reactivos. Los resultados se muestran en el siguiente resumen.

Nº	Granulometría %-200 mallas	Reactivos	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag	Au
11	65	Selectivos	225.00	17.50	75.51	58.31
12	65	> Selectivos	218.25	25.61	76.64	61.37
13	70	Fuertes	200.01	21.11	75.96	68.65
14	70	> Fuertes	175.86	14.54	76.55	69.60

7. De acuerdo a las 4 pruebas realizadas en esta tercera etapa se observa que el incremento de reactivos en las flotaciones selectivas o fuertes, solo incrementan aproximadamente 1% en la recuperación de la plata, el oro se ve mejor favorecido con el incremento de reactivos.

### CUARTA ETAPA

Con la finalidad de estudiar como aporta la gravimetría en el proceso antes de la flotación se planteo realizar pruebas en un concentrador gravimétrico centrífugo tipo Falcón y flotar el relave de la gravimetría.

Se realizaron pruebas a 65%, 70%, 75% y 80% -200 mallas. A continuación se resumen las calidades de concentrados gravimétricos

obtenidos y las recuperaciones del oro y la plata flotando el relave gravimétrico.

Nº	Granulometría %-200 mallas	Proceso	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag	Au
15	65	Gravimetría	320.00	35.20	29.01	36.74
		Gravimetría + Flotación			73.72	69.74
16	70	Gravimetría	242.00	19.93	26.43	24.61
		Gravimetría + Flotación			75.26	73.43
17	75	Gravimetría	335.20	20.44	41.13	40.34
		Gravimetría + Flotación			75.48	82.47
18	80	Gravimetría	380.56	30.23	26.69	20.88
		Gravimetría + Flotación			76.11	51.86

8. De acuerdo a las 4 pruebas realizadas de gravimetría se observa que la prueba 17 nos da mejores resultados en la gravimetría.
9. Pero la pruebas combinadas de Gravimetría + Flotación nos dan recuperaciones en promedio 75% de la plata y 65% del oro.

## **QUINTA ETAPA**

De acuerdo a los resultados obtenidos en las etapas anteriores observamos que la recuperaciones de la plata no superan el 76% y el oro el 60%. Por lo que en esta se va a plantear 04 pruebas de flotación selectiva-fuerte (65%-70% -200 mallas) en el Rougher y los óxidos en el scavenger complementada con la cianuración del relave del flotación. Los resultados se muestran a continuación.

## **BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 19 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION**

En el siguiente cuadro se resume el proceso combinado de la flotación N° 19 a 65% -200 mallas con el uso de reactivos selectivos: AR-242, AR-3418, AR-404 y MIBC para la flotación de los sulfuros y el uso Sulfuro de sodio, Z-6 y aceite de pino para la flotación de los óxidos y la cianuración del relave.

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.12	0.70	100.00	100.00
<b>Conc. Rougher Bulk-19 (gr)</b>	<b>87.20</b>	<b>63.19</b>	<b>3.28</b>	<b>76.87</b>	<b>41.38</b>
Solución cianurada-19 (lt)(mg/lt)	2.50	15.13	0.15	16.97	55.99
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>93.83</b>	<b>97.36</b>
Relave Cianuración 19	912.80	0.44	0.18	6.17	2.64
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>7.17</b>	<b>0.69</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

10. Se tiene que la recuperación de la plata es de 76.87% y 41.38% del oro en la flotación mientras que cianurando el relave se incrementa las recuperaciones, especialmente la del oro, a valores de 93.83% de la plata y 97.36% del oro.

### **BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 20 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION**

En el siguiente cuadro se resume el proceso combinado de la flotación N° 20 a 65% -200 mallas con el uso de reactivos fuertes: AR-131, AR-3418, AR-404 y Aceite de Pino para la flotación de los sulfuros y el uso Sulfuro de sodio, Z-6 y aceite de pino para la flotación de los óxidos y la cianuración del relave.

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.12	0.70	100.00	100.00
<b>Conc. Rougher Bulk-20 (gr)</b>	<b>75.00</b>	<b>69.34</b>	<b>4.98</b>	<b>76.38</b>	<b>65.77</b>
Solución cianurada-20 (lt)(mg/lt)	2.50	14.77	0.07	17.44	30.97
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>93.82</b>	<b>96.74</b>
Relave Cianuración 20	925.00	0.42	0.18	6.18	3.26
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.81</b>	<b>0.57</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

11. Se tiene que la recuperación de la plata es de 76.38% y 65.77% del oro en la flotación mientras que cianurando el relave se incrementa las recuperaciones, especialmente la del oro, a valores de 93.82% de la plata y 96.74% del oro.

### **BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 21 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION**

En el siguiente cuadro se resume el proceso combinado de la flotación N° 21 a 70% -200 mallas con el uso de reactivos selectivos: AR-242, AR-3418, AR-404 y MIBC para la flotación de los sulfuros y el uso Sulfuro de sodio, Z-6 y aceite de pino para la flotación de los óxidos y la cianuración del relave.

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.120	0.700	100.00	100.00
<b>Conc.Rougher Bulk-21 (gr)</b>	<b>99.80</b>	<b>51.343</b>	<b>2.952</b>	<b>75.79</b>	<b>52.23</b>
Solución cianurada-21 (lt)(mg/lt)	2.50	14.392	0.101	17.11	44.58
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>92.90</b>	<b>96.81</b>
Relave Cianuración 21	900.20	0.480	0.183	7.10	3.19
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.761</b>	<b>0.564</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

12. Se tiene que la recuperación de la plata es de 75.79% y 52.23% del oro en la flotación mientras que cianurando el relave se incrementa las recuperaciones, especialmente la del oro, a valores de 92.90% de la plata y 96.81% del oro.

### **BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION N° 22 Y CIANURACION DEL RELAVE DE FLOTACION**

En el siguiente cuadro se resume el proceso combinado de la flotación N° 22 a 70% -200 mallas con el uso de reactivos fuertes: AR-131, AR-3418, AR-404 y Aceite de Pino para la flotación de los sulfuros y el uso Sulfuro de sodio, Z-6 y aceite de pino para la flotación de los óxidos y la cianuración del relave.

		LEYES		RECUPERACION (%)	
		Ag (oz/TM)	Au (gr/TM)	Ag %	Au %
Cabeza (gr)	<b>1000.00</b>	7.120	0.700	100.00	100.00
<b>Conc.Rougher Bulk-22 (gr)</b>	<b>123.70</b>	<b>44.518</b>	<b>2.745</b>	<b>79.45</b>	<b>67.95</b>
Solución cianurada-22 (lt)(mg/lt)	2.50	12.638	0.054	14.66	26.79
<b>FLOTACION+CIANURACION</b>				<b>94.11</b>	<b>94.74</b>
Relave Cianuración 22	876.30	0.408	0.183	5.89	5.26
Cabeza Calculada	<b>1000.00</b>	<b>6.931</b>	<b>0.500</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

13. Se tiene que la recuperación de la plata es de 79.45% y 67.95% del oro en la flotación mientras que cianurando el relave se incrementa las recuperaciones, especialmente la del oro, a valores de 94.11% de la plata y 94.11% del oro.
14. De acuerdo a los resultados obtenidos de las diversas pruebas metalúrgicas realizadas en el siguiente estudio se concluye que se las pruebas de flotación considerando las etapas de flotación de sulfuros y flotación de óxidos complementados con la cianuración de los relaves de flotación, es el proceso que mejores resultados se han obtenido en el proceso de estudio realizado.

- 15.** Adicionar 2 etapas de limpieza incrementarían las leyes de la plata y el oro en el concentrado, pero hay que tener cuidado porque las leyes de zinc también se incrementarían.
- 16.** La aplicación de la gravimetría en concentrador centrífugo tipo Falcón podría ayudar a incrementar la capacidad de la planta ya que un 30% de la plata y 40% del oro se recuperarían en esta etapa.
- 17.** De los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda evaluar detalladamente el circuito de molienda, ya que la alta dureza del mineral podría complicar llegar a obtener molienda con granulometrías de 65% a 70% - 200 mallas, donde se han obtenido mejores resultados.
- 18.** También se recomienda evaluar la adición del circuito de cianuración por agitación ya que de acuerdo a los resultados no se requiere realizar molienda adicional para la cianuración. Solo se adicionarían tanques y posiblemente espesador para la separación líquido-sólido, y la planta de precipitación con polvo de zinc.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1. BARSKY, G, SWAISON, S.J. EASLY, N. “Dissolution of gold and silver in cyanide solutions”. Tras. Am. Inst. Min – Metal. Engrs. 112:660-667, 1935.**
- 2. CHRIS P., ANH., V., N., WARREN J., B., A Critical Review of Surface Properties and Selective Flotation of Enargite in Sulphide Systems Edición 2012 Minerals Engineering. P 1 – 11.**
- 3. CYTEC INDUSTRIES INC., Cytec Mining Handbook. Edición 2002.**
- 4. DORR, J.V.N. AND BOSQUI F.L. Cyanidation and concentration of gold and silver ores, 1950.**

5. **FATHI HABASHI “A TEXT BOOK OF HIDROMETALLURGY”**  
Edition Marquis Limiteé – 1992
6. **FIDEL SERGIO MISARI CH. “ METALURGIA DEL ORO” - Vol I y Vol II**  
CEPECT Noviembre 1993
7. **JHA, M.C. Recovery of gold and Silver from Cyanide Solutions: a Comparaty Study of Varrious Processes.** First International Sym Sium of precius Metal Recovery. Reno – Nevada, 1984.
8. **MANZANEDA, C, Procesamiento de Minerales.** Edición 2000. P 200-298.
9. **POURBAIX, M., Atlas de electrochemical equilibria in aqueos solutions.** Houston, Texas Printed by Nacional Association of corrosion engineers, 2º., Edicion 1974.
10. **RENASA, Catalogo Ditiolfosfatos / Xantatos / Espumantes.** Edición 1995.
11. **SRDJAN M.,B.,. Handbook of flotation reagents elsevier science & technology books.** Edición 2007.
12. **S. V. DUDENKOV, L.Y. SHUBOV, L.A. GLAZUNOV (1990)**  
**Fundamentos de la Teoría y la Practica de Empleo de Reactivos de Flotación.** Editorial MIR.

13. **TAGGAR, A.F., Handbook of mineral dressing ores and industrals minerals.** Edición 1968 P 100-109.
14. **ZEGARRA, W., J., Nuevas Tecnologías en la Flotación de Minerales.** Edición 2008. Instituto de Capacitación Minera.

## **ANEXO I**

**DETERMINACION DEL WORK INDEX**

**DETERMINACION DE LA GRAVEDAD**

**ESPECIFICA**

**PRUEBAS DE WORK INDEX Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL**  
**POLIMETALICO**

**I. INTRODUCCION**

A Solicitud del Ing. Virgilio Navarro V. de la Cía. Minera Río Azul S.A., se ha planteado el desarrollo de prueba de determinación del Work Index (Índice de Trabajo) y la gravedad específica del mineral en estudio.

- Se prepararon las muestras a 100% - 6 mallas. Pesándose muestras de 1 kg para las pruebas metalúrgicas.
  
- Para la determinación del Work Index del mineral polimetálico en estudio se empleo el método de Bond.
  
- Para la determinación de la Gravedad Específica se empleo el método del Picnómetro.

Los resultados de las pruebas metalúrgicas se muestran a continuación.

## TEST ESTANDAR DE MOLIENDABILIDAD

### MOLINO DE BOLAS DE BOND

FECHA: 20 de Enero del 2014  
 CLIENTE: CIA. MINERA RIO AZUL S.A.  
 MUESTRA: Mineral Polimetálico

### INFORMACION GENERAL DEL TEST

Malla de Corte P1, (um) 70 T 212  
 Peso de Muestra (700 cc), (g) 1230  
 % -212 um en la alimentación 0.1547 15.47%  
 Peso para 250% carga circulante (g) 351.43

### CARGA DE BOLAS UTILIZADAS

Diametro de Bolas	Número de Bolas	Peso Total (g)
1 1/2"	43	9676
1 1/4"	67	6347.1
1"	10	665.4
3/4"	71	1991.4
5/8"	94	1525
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>20204.9</b>

### CUADRO DE RESULTADOS

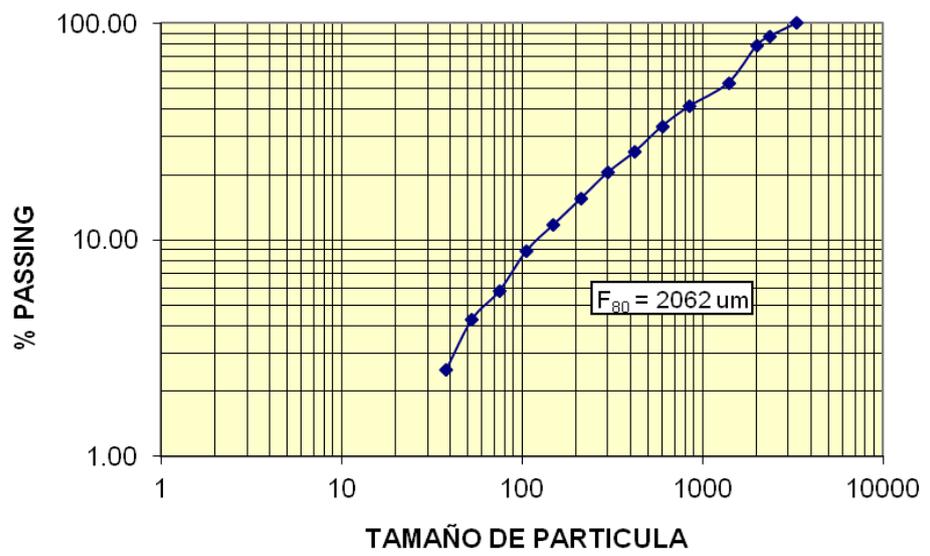
Nro. CICLO	Nro. Revoluciones	ALIMENTACION		Finos Generados (g)	MOLIENDABILIDAD (g/rev)	Finos en Alimentación Fresca (g)	Finos a Generar (g)	Revoluciones Sigüientes	% CC
		+70m	-70m						
0	0	1039.70	190.30						546.35
1	100	911.60	318.40	128.10	1.2810	49.26	302.17	235.89	286.31
2	236	915.00	315.00	265.74	1.1260	48.73	302.70	268.82	290.48
3	269	923.00	307.00	258.27	0.9601	47.49	303.94	316.56	300.65
4	317	878.70	351.30	303.81	<b>0.9584</b>	54.35	297.08	309.98	250.13

## ANALISIS GRANULOMETRICOS

### ALIMENTO

<b>MALLA</b>	<b>TAMAÑO DE PARTICULA (um)</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>% PESO</b>	<b>% ACUM. (+)</b>	<b>% PASSING</b>
6	3350	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2360	172.00	13.35	13.35	86.65
10	2000	103.70	8.05	21.39	78.61
14	1400	329.70	25.58	46.98	53.02
20	850	150.90	11.71	58.69	41.31
30	600	101.50	7.88	66.56	33.44
40	425	100.80	7.82	74.39	25.61
50	300	66.60	5.17	79.55	20.45
70	212	64.20	4.98	84.53	15.47
100	150	47.80	3.71	88.24	11.76
150	106	37.00	2.87	91.12	8.88
200	75	39.70	3.08	94.20	5.80
270	53	19.40	1.51	95.70	4.30
400	38	23.10	1.79	97.49	2.51
-400	-38	32.30	2.51	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1288.70</b>	<b>100.00</b>		

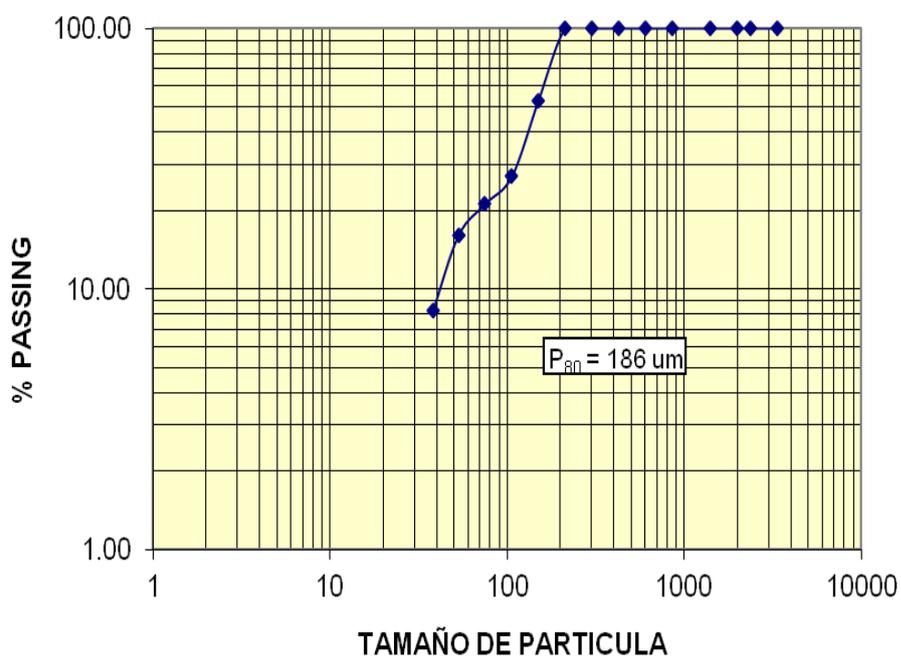
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL ALIMENTO  
CIA. MINERA RIO AZUL S.A.



## PRODUCTO

<b>MALLA</b>	<b>TAMAÑO DE PARTICULA (um)</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>% PESO</b>	<b>% ACUM. (+)</b>	<b>% PASSING</b>
6	3350	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2360	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2000	0.00	0.00	0.00	100.00
14	1400	0.00	0.00	0.00	100.00
20	850	0.00	0.00	0.00	100.00
30	600	0.00	0.00	0.00	100.00
40	425	0.00	0.00	0.00	100.00
50	300	0.00	0.00	0.00	100.00
70	212	0.00	0.00	0.00	100.00
100	150	60.60	46.98	46.98	53.02
150	106	33.50	25.97	72.95	27.05
200	75	7.50	5.81	78.76	21.24
270	53	6.60	5.12	83.88	16.12
400	38	10.10	7.83	91.71	8.29
-400	-38	10.70	8.29	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>129.00</b>	<b>100.00</b>		

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO**  
**CIA. MINERA RIO AZUL S.A.**



## CALCULO DEL WORK INDEX (WI)

Emplearemos la ecuación empírica determinada por Bond

$$W.I. = \frac{44.5}{P_1^{0.23} \times Gpb^{0.82} \times \left( \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)}$$

Donde:

$$P_1 = 100\% \text{ Passing } -70M \text{ (um)} = 212$$

$$Gpb = \text{Indice de Moliendabilidad (gr/rev.)} = 0.9584$$

$$P_{80} = 80\% \text{ Passing del producto (um)} = 186$$

$$F_{80} = 80\% \text{ Passing del alimento (um)} = 2062$$

$$\boxed{W.I. = 26.20 \text{ Kwh/tc}}$$

$$\boxed{W.I. = 28.86 \text{ Kwh/TM}}$$

### 3. DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

El método para la determinación de la gravedad específica de los minerales es el **METODO DEL PICNOMETRO**.

La fórmula a emplearse para el cálculo es la siguiente:

$$\text{G.E (gr/cc)} = \frac{\text{M} - \text{P}}{\text{S} + \text{M} - \text{W} - \text{P}}$$

#### GRAVEDAD ESPECIFICA

PESO DEL PICNOMETRO (P)	51.50	47.85	
PICNOMETRO+MINERAL (M)	105.20	103.90	
PICNOMETRO+MINERAL + AGUA (W)	182.58	180.18	
PICNOMETRO+AGUA (S)	150.13	146.70	
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA (GR/CC)</b>	<b>2.53</b>	<b>2.48</b>	<b>2.51 gr/cc</b>

## **ANEXO II**

### **FOTOGRAFIAS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACION DEL MINERAL POLIMETALICO**



**Fotografía 1.- Acondicionamiento de la flotación Rougher -Sulfuros**



**Fotografía 2.- Acondicionamiento de la flotación Rougher –Sulfuros**



**Fotografía 3.- Espumas de la flotación Rougher –Sulfuros**



**Fotografía 4.- Espumas de la flotación Rougher –Sulfuros**



**Fotografía 5.- Acondicionamiento de la flotación Scavenger –Oxidos**



**Fotografía 6.- Acondicionamiento de la flotación Scavenger –Oxidos**



**Fotografía 7.- Acondicionamiento de la flotación Cleaner I**



**Fotografía 8.- Espumas de la flotación Cleaner I**



**Fotografía 9.- Espumas de la flotación Cleaner II**



**Fotografía 10.- Espumas de la flotación Cleaner II**



**Fotografía 11.- Concentrado de la flotación Cleaner II**



**Fotografía 12.- Concentrado de la flotación Cleaner II**

## **ANEXO III**

### **FOTOGRAFIAS DE LAS PRUEBAS DE CONCENTRACION EN EL CONCENTRADOR CENTRIFUGO FALCON**



**Fotografía 1.- Concentrador Gravimétrico Falcón de Laboratorio**



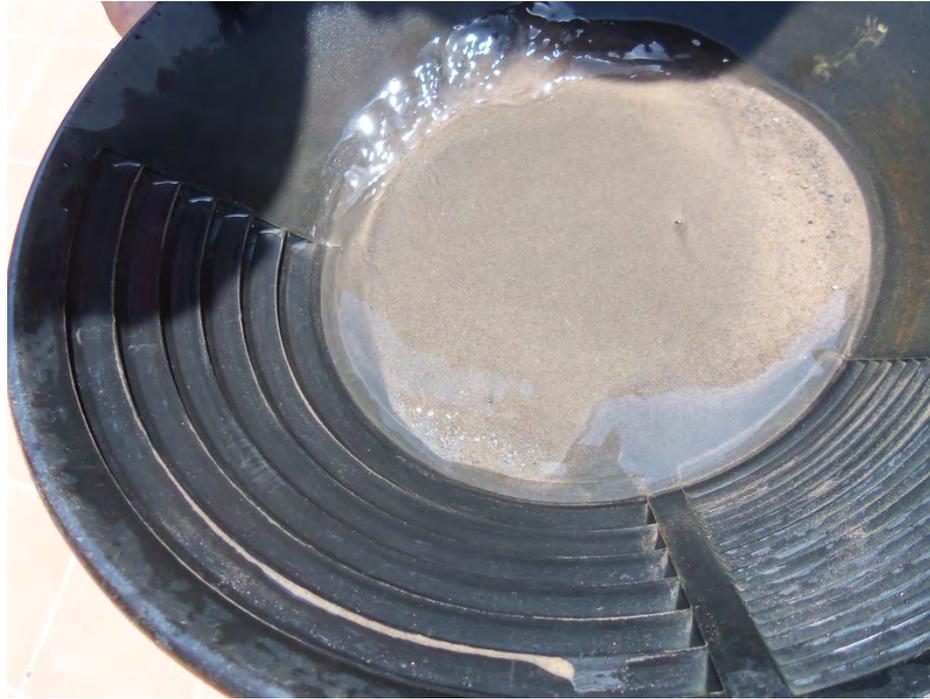
**Fotografía 2.- Partes del Concentrador Gravimétrico Falcón**



**Fotografía 3.- Partes del Concentrador Gravimétrico Falcón**



**Fotografía 4.- Partes del Concentrador Gravimétrico Falcón**



**Fotografía 5.- Plateo del concentrado gravimétrico del mineral de la Cía.  
Minera Río Azul**



**Fotografía 6.- Plateo del concentrado gravimétrico del mineral de la Cía.  
Minera Río Azul**



**Fotografía 7.- Plateo del concentrado gravimétrico del mineral de la Cía.  
Minera Río Azul**

