



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**Concentración de oro de la mina “San Alfonso” mediante  
flotación con variación de granulometría y colectores.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN MINAS**

**Autor:**

**RONALD JASMANY CUENCA ROMERO**

**Director:**

**FERNANDO TULIO VALENCIA GUARICELA**

**CUENCA – ECUADOR**

**2018**

## **DEDICATORIA**

El tema de tesis a continuación es dedicado a Dios por haberme dado salud y fuerza para lograr cumplir esta meta que me he trazado años atrás.

A mis padres Alfonso Cuenca Cevallos y Alexandra Romero Galárraga, hermanos Bryan y Karelys Cuenca.

A tíos/as, primos/as que han estado pendientes en cada etapa y momentos difíciles.

A mi Padrino Walter Cuenca, que ha sido un pilar fundamental para seguir adelante.

A ti Kristell Mejía, por haberme dado consejos cuando más los necesitaba para poder salir adelante día a día y así cumplir mi sueño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, que me permite todos los días seguir adelante.

A la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas, por la apertura brindada en las aulas de tan magna institución educativa.

Al personal Docente, con quienes tuve la oportunidad de prepararme académicamente y quienes me brindaron sus conocimientos de manera altruista y muy profesional, además el agradecimiento al personal Administrativo por las diligencias efectuadas de manera oportuna.

Mi gratitud al Ing. Fernando Valencia Guaricela, Mcs., Director de Tesis, por sus conocimientos impartidos y guía del presente trabajo hasta la culminación exitosa del mismo.

Al señor Ángel San Martín y Wilson Cuenca, socios de la empresa minera San Alfonso, por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo.

A todos y cada uno de las personas que me han ayudado en este proceso de formación profesional y personal, amigos y colegas de la Universidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA_____	ii
AGRADECIMIENTOS_____	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS_____	iv
ÍNDICE DE FIGURAS_____	vi
ÍNDICE DE TABLAS_____	vii
ÍNDICE DE ANEXOS_____	viii
RESUMEN_____	xi
ABSTRACT_____	xii
<b>INTRODUCCIÓN_____</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1_____</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO_____</b>	<b>3</b>
1.1    Antecedentes_____	3
1.2    La flotación_____	4
1.2.1    Reactivos químicos_____	6
1.3    Variables de investigación_____	10
1.3.1    Granulometría_____	11
1.3.2    Colector_____	13
1.3.3    Variables de los equipos_____	14
1.3.4    Factores negativos para la flotación de oro y posibles soluciones_____	15
1.3.5    Componentes de operación_____	16
1.3.6    Índices metalúrgicos_____	21
<b>CAPÍTULO 2_____</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL_____</b>	<b>24</b>
2.1    Metodología aplicada_____	24
2.1.1    Recolección del materia_____	24
2.1.2    Cuarteo_____	25
2.1.3    Caracterización del material_____	25

2.1.4	Secado del material	26
2.1.5	Molienda	26
2.1.6	Análisis granulométrico	26
2.2	Equipos	27
2.2.1	Equipo de flotación	27
2.2.2	Preparación de reactivos	27
2.2.3	Equipos Auxiliares	29
2.3	Pruebas de laboratorio	30
2.3.1	Procedimiento	30
2.4	Diseño experimental	36
2.4.1	Análisis de concentrado	36
2.4.2	Análisis de recuperación	38
2.4.3	Análisis de las colas	40
2.5	Análisis de resultados	44
2.6	Discusión de resultados	48
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>54</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Adhesión burbuja – partícula_____	5
Figura 1.2 Tamiz para el análisis granulométrico_____	12
Figura 1.3 Tamices ordenados en orden decreciente_____	12
Figura 1.4 Adhesión de partículas y burbujas_____	18
Figura 1.5 Límite líquido_____	19
Figura 1.6 Ángulo de contacto_____	20
Figura 1.7 Superficie hidrófila_____	20
Figura 1.8 Superficie hidrófoba_____	21
Figura 2.1 Flujograma de procesos _____	25
Figura 2.2 Recuperación de cada colector en la malla 60_____	45
Figura 2.3 Recuperación de cada colector en la malla 100_____	46
Figura 2.4 Recuperación de cada colector en la malla 200_____	47
Figura 2.5 Análisis de los resultados de recuperación con los tres colectores_____	47

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1 Estructura química del xantato amílico de potasio_____	7
Tabla 1.2 Estructura química del ditiofosfato_____	8
Tabla 1.3 Estructura química del espumante_____	9
Tabla 1.4 Índices metalúrgicos_____	23
Tabla 2.1 Tamaño de material con su respectivo número de tamiz_____	31
Tabla 2.2 Peso y tenor de concentrado de la malla 60_____	37
Tabla 2.3 Peso y tenor de concentrado de la malla 100_____	37
Tabla 2.4 Peso y tenor de concentrado de la malla 200_____	37
Tabla 2.5 Peso y concentrado en la alimentación._____	38
Tabla 2.6 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 60_____	45
Tabla 2.7 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 100_____	45
Tabla 2.8 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 200_____	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Material inicial_____	54
Anexo 2: Resultado de análisis de ley de cabeza_____	54
Anexo 3: Tamices normalizados ordenados en orden decreciente_____	55
Anexo 4: Celda tipo Danver_____	55
Anexo 5: Xantato amílico de potasio_____	56
Anexo 6: Ditiófosfato AR 1404_____	56
Anexo 7: Ditiófosfato AR 1242_____	57
Anexo 8: Espumante ER-370_____	57
Anexo 9: Peso de la muestra_____	58
Anexo 10 reporte 1: Análisis de concentrado del xantato amílico de potasio de la malla 60_____	58
Anexo 11 reporte 2: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 60_____	59
Anexo 12 reporte 3: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 60_____	59
Anexo 13 reporte 4: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 60_____	60
Anexo 14 reporte 5: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 60_____	60
Anexo 15 reporte 6: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 60_____	61
Anexo 16 reporte 7: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio (Z6) de la malla 60_____	61
Anexo 17 reporte 8: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 60_____	62
Anexo 18 reporte 9: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 60_____	62
Anexo 19 reporte 10: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100_____	63
Anexo 20 reporte 11: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 100_____	63

Anexo 21 reporte 12: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 100	64
Anexo 22 reporte 13: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100	64
Anexo 23 reporte 14: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 100	65
Anexo 24 reporte 15: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 100	65
Anexo 25 reporte 16: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100	66
Anexo 26 reporte 17: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 100	66
Anexo 27 reporte 18: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 100	67
Anexo 28 reporte 19: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200	67
Anexo 29 reporte 20: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 200	68
Anexo 30 reporte 21: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 200	68
Anexo 31 reporte 22: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200	69
Anexo 32 reporte 23: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 200	69
Anexo 33 reporte 24: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 200	70
Anexo 34 reporte 25: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200	70
Anexo 35 reporte 26: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 200	71
Anexo 36 reporte 27: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 200	71

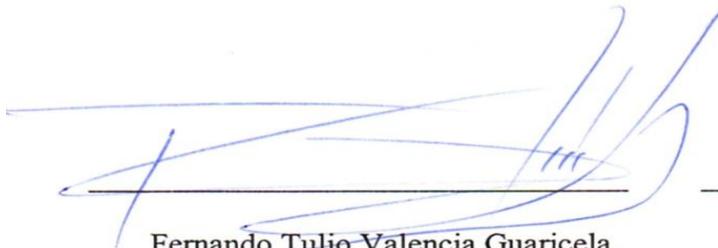
Anexo 37: Experimento 1	72
Anexo 38: Experimento 2	77
Anexo 39: Experimento 3	82

**CONCENTRACIÓN DE ORO DE LA MINA “SAN ALFONSO” MEDIANTE  
FLOTACIÓN CON VARIACIÓN DE GRANULOMETRÍA Y COLECTORES.**

**RESUMEN**

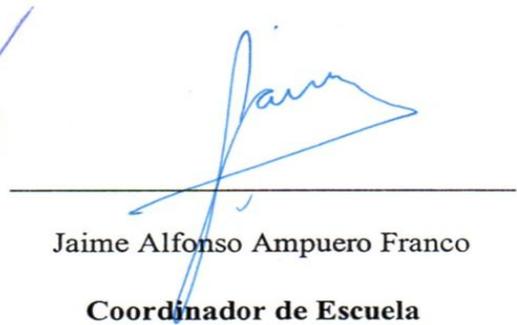
La presente investigación tiene como objetivo analizar la recuperación de oro mediante el proceso de flotación, con la variación de tres colectores y tres granulometrías diferentes, el resto de las variables operacionales se mantendrán constantes con el fin de obtener mejores resultados para la concentración de los minerales de interés; por ende el proceso de investigación determina que el colector Ditiofosfato AR-1404 y la granulometría malla 100, evidencian la mejor recuperación de los minerales en un 81,73%, considerando la ley inicial de 18,4 g/t, luego de molienda y paso por bayetas, por lo tanto, se sugiere a la empresa minera San Alfonso ubicada en el Cantón Ponce Enríquez, utilizar estas variables.

**Palabras Clave:** Flotación, oro, granulometría, colector, minerales.



Fernando Tulio Valencia Guaricela.

**Director del Trabajo de Titulación**



Jaime Alfonso Ampuero Franco

**Coordinador de Escuela**



Ronald Jasmany Cuenca Romero.

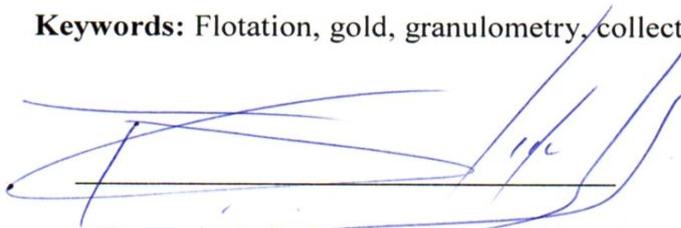
**Autor**

**GOLD CONCENTRATION OF THE "SAN ALFONSO" MINE THROUGH FLOTATION WITH VARIATION OF GRANULOMETRY AND COLLECTORS.**

**ABSTRACT**

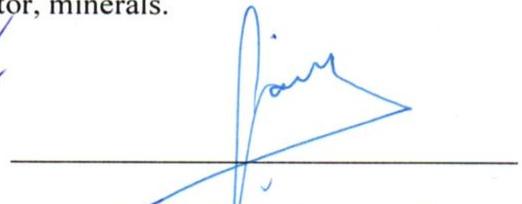
The objective of the present investigation was to analyze gold recovery through the flotation process with the variation of three collectors and three different granulometries. The rest of the operational variables were kept constant in order to obtain better results for the concentration of the minerals of interest. The research process determined that the collector Dithiophosphate AR-1404 and granulometry mesh 100 showed the best recovery of minerals with 81.73%, considering the initial law of 18.4 g/t after passing through cloths and milling. The use of these variables was suggested to the mining company "San Alfonso" located in Ponce Enríquez.

**Keywords:** Flotation, gold, granulometry, collector, minerals.



Fernando Tulio Valencia Guaricela.

**Thesis Director**



Jaime Alfonso Ampuero Franco

**Faculty Director**



Ronald Jasmany Cuenca Romero.

**Author**



Translated by

Ing. Paul Arpi

Ronald Jasmany Cuenca Romero

Trabajo de Titulación

Ing. Fernando Tulio Valencia Guaricela, MSc

Abril, 2018

## **CONCENTRACIÓN DE ORO DE LA MINA “SAN ALFONSO” MEDIANTE FLOTACIÓN CON VARIACIÓN DE GRANULOMETRÍA Y COLECTORES.**

### **INTRODUCCIÓN**

La compañía minera “San Alfonso”, se encuentra ubicada en el cantón Ponce Enríquez, de la provincia del Azuay, es una empresa que se dedica a la extracción y procesamiento de metales preciosos como es el oro, para lo cual utiliza una unidad de servicios alquilados en la planta de beneficio Santa Marianita, ubicado en la ciudad de Portovelo, provincia de El Oro.

Para el procesamiento, la empresa minera cuenta con un solo proceso de recuperación con lixiviación utilizando cianuro de sodio, obteniendo un 75% de oro en la mena, (veta), después del paso de tratamiento por bayetas, por esta razón, se consideró investigar y experimentar con el mismo material el cual tiene una ley de 18,4g/t, luego de la recuperación obtenido de bayetas, (ver anexo 2) para tratar de obtener una mejor recuperación utilizando el proceso de concentración de sulfuros.

La concentración por medio de flotación, es un proceso que ha abierto nuevas posibilidades de recuperación; de tal manera que ha influenciado a la sociedad para su adelanto, también, ha conseguido aumentar los procesos productivos para trabajar con material que contenga leyes bajas de minerales.

La recuperación de mineral en la industria minera mediante flotación presenta múltiples beneficios, sin embargo, lo han convertido en un proceso estándar a emplearse por las empresas, sin tomar en cuenta las porciones que se deben administrar para un material determinado.

A partir de esto se plantea esta investigación experimental tomando en cuenta la granulometría y el colector, dos variables para la flotación del material; cuya composición en sus propiedades físico químicas son diferentes.

El mineral que se trata tiene variabilidad de compuestos y subproductos por los cuales la flotación es complicada en muchos casos, ya que presenta iones metálicos por la activación de las sales solubles, por lo tanto, se estudia el comportamiento de dicho mineral al proceso de flotación.

El presente trabajo de titulación consiste en la aplicación práctica en el laboratorio de metalurgia, en un modelo estático, por lo tanto, encontrar una recuperación del 100% es muy difícil porque se van a encontrar partículas en pequeñas cantidades de oro en las colas, las mismas que deben ser muy bajas, para que la flotación sea adecuada.

Los índices de recuperación deben estar en relación al peso de material que se encuentra en el concentrado, con respecto a la cantidad de mineral en el alimento.

Para el análisis granulométrico, se consideró el tamaño del material obtenido después de la salida del molino chileno y procesado por bayetas, el tamaño del grano es malla 60 y los otros dos tamaños se desarrollaron dentro de laboratorio, para lo cual se tomó como referencia el tamaño del grano malla 100 y 200.

El resultado de este experimento permitió cumplir con los objetivos propuestos, se caracterizó el material a flotar utilizando el proceso de conminución, que consiste en la reducción del tamaño y análisis granulométrico, se utilizó el proceso de flotación, usando la combinación de tres colectores y tres granulometrías diferentes para obtener la mejor concentración del mineral de interés, finalmente mediante los índices metalúrgicos, se determinó la mejor combinación de granulometría y colector para adquirir una mejor recuperación de oro.

## **CAPÍTULO 1**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1. Marco Teórico**

##### **1.1 Antecedentes**

Las empresas mineras hoy en día recurren a una cadena de tratamiento del material que salen de sus yacimientos, comenzando con la voladura de una fracción del macizo rocoso, posteriormente, a transporte exterior mina y acopio del dicho material, sin embargo, el material que se extrae, no puede ser comercializado directamente, sino que requiere un tratamiento para elevar su ley, es decir, tener un contenido metálico en mayor porcentaje.

La tecnología minera hace posible la concentración de minerales con muy baja ley y que hasta unos años no eran susceptibles de recuperación por razones económicas y tecnológicas. La metalurgia permite concentrar y purificar respectivamente los valiosos metales de interés.

Para la concentración de minerales en la industria minera, se tiene en cuenta que es el enriquecimiento de oro, plata y otros metales, por el cual el mineral pasa por una serie de procesos de reducción de tamaño, los cuales se unen en partes útiles y los desechos se descartan en el relave. La idea es producir un material concentrado a partir de las muestras obtenidas desde la salida del molino chileno con una ley inicial de 18,4g/t, valor de ley, aplicado al proceso luego de paso por bayetas, y elevar esta ley en un tonelaje reducido.

El mineral que será molido debe ser mezclado con agua, reactivos y cal, a través de un sistema de bombeo mediante tubos, cuyo proceso consiste en pasar de la clasificadora a las celdas de flotación; las mismas que cuentan con una corriente que facilita el paso o bloqueo de aire y su agitador de pulpa, permitiendo formar las burbujas que saldrán a la superficie captando las partículas de mineral de interés.

## 1.2 La flotación

Es un proceso que permite la recuperación económica de los recursos minerales de baja ley, siendo unas de las tecnologías más importantes para el tratamiento de los minerales, (Bustamante, 2007), afirma que las partículas con superficie hidrofóbicas se fijan a las burbujas de aire, las cuales se dirigirán hacia la corriente de flotados, es decir serán las que se concentren con mayor ley y un tonelaje reducido; mientras que las partículas hidrofílicas (las que sí forman enlaces con los grupos iónicos del agua en la interfaz sólido-agua o también conocido como humectación o adsorción de agua) se consolidan en la corriente de descarga, es decir que los minerales que no son de interés se vayan a los relaves finales.

La separación de partículas entre mena y ganga se da mediante un tratamiento físico químico donde la tensión superficial se transforma y sus burbujas de aire se adhiere a las primeras enriqueciéndose en la espuma, mientras tanto, las partículas que no pueden interaccionar con las moléculas de agua se las denomina hidrofóbicas.

Cuando el mineral se pone en contacto con agua. Conforme lo señala Espín, 2007 afirma que las regiones interfaciales sufren una alteración para acomodarse al medio ambiente; mientras tanto una doble capa eléctrica establece una interface sólido-líquido que equilibra la carga eléctrica global en el sistema, esto afecta el comportamiento de la superficie del mineral e interactúa con los agentes químicos, siendo un factor crucial en el proceso de separación.

Dentro de este proceso de flotación (Bustamante, 2007) demuestra que la concentración mineral al obtener información acerca de la hidrofobicidad de una partícula, la energía libre de la delgada capa que separa una partícula y una burbuja cambia a medida que la burbuja se aproxima a la superficie mineral de manera que se representa en la siguiente figura.

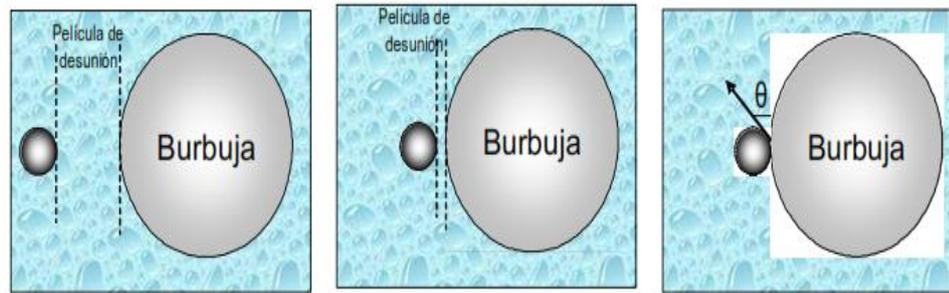


Figura 1.1 Adhesión burbuja – partícula.  
Fuente: (Bustamante, 2007)

También se tiene en cuenta la adhesión de surfactantes que es aquel que favorece o impide la formación de espuma en la interface mineral- solución. La carga superficial y la composición química del mineral son factores que influyen en la adsorción de la superficie mineral y los colectores aquellos que se encargan de atrapar el mineral de interés a flotar.

### **Adsorción física**

Cuando los iones se adsorben por fuerzas electrostáticas y enlaces hidrofóbicos (Bustamante, 2007) establece que cuando se carga con surfactantes y mineral las fuerzas electrostáticas son mayores.

### **Adsorción química**

La quimisorción, es aquella donde los electrones tienen un intercambio o bien forman un enlace químico dentro del proceso de flotación, siendo beneficiosa por ser muy selectiva para un mineral de interés o grupo de minerales, como se lo describió anteriormente dónde la concentración de minerales nos ayuda a seleccionar de mejor manera el mineral de interés a recuperarse.

### **La doble capa eléctrica**

Es una separación por cargas eléctricas, una positiva y otra negativa teniendo en cuenta la adsorción específica, la sustitución isomórfica, la adsorción de polímeros y el transporte a través de la interface de iones, de lo cual (Bustamante, 2007) asegura que la carga es compensada por una distribución de carga igual en la fase acuosa.

## **El potencial Z**

Está definido cuando la doble capa se forma con el fin de neutralizar el coloide cargado (aquel que se dispersa poco a poco dentro de un líquido) y establece el electro neutralidad del sistema.

Un punto muy interesante es que el potencial Z puede ser medido de una manera muy simple mientras que la carga de superficie y su potencial no pueden medirse.

Hoy en día la flotación es un método muy eficaz y económicamente rentable para la concentración de muchos metales de interés como lo son el oro, plata, cobre, zinc, entre otros, sin embargo, las empresas tienen un desconocimiento en la eficiencia de la flotación; comparando con otros métodos; la concentración de sulfuros tiene un costo relativamente bajo y amigable con el ambiente.

Para que la flotación de minerales sea efectiva, se requiere de los siguientes aspectos:

### **1.2.1 Reactivos químicos**

Los reactivos que se utilizan en el experimento son los siguientes:

- **Colectores**

Dentro del proceso de flotación el colector es aquel que atrapa el metal de interés por lo tanto es el más decisivo de los reactivos, al respecto (Espín, 2007), establece que los colectores son moléculas o iones orgánicos que son adsorbidos selectivamente sobre las superficies del mineral para que, en equilibrio, haya adherencia entre burbuja y partícula, el cual reduce el tiempo de inducción, para asegurarse de que ocurra adherencia en la colisión entre burbuja y partícula.

Los colectores son aquellos que se integran por una parte polar o apolar de tal manera que pueden ser cationes o aniones. Siendo de esta manera que la parte polar se adsorbe con el mineral y la no polar va a la corriente de agua para formar parte de la ganga o material que no se adhiere al agua (hidrófobo) según (Yianatos, 2005), afirma que la estructura química del colector y la superficie del mineral darán una colección más íntima, es decir podrán unirse de mejor manera.

Los ácidos débiles son aquellos que se usan como colectores, en la mayoría de los casos también lo son las bases o sus sales; teniendo dos propiedades. Los ácidos son

un grupo orgánico que proporciona una superficie hidrofóbica al mineral; y las sales iónicas que van a ser absorbidas por la superficie mineral.

Los colectores son producto de grasas naturales y su comercialización viene bajo la misma denominación de la grasa obtenida.

Los xantatos son los que tienen mayor uso y son bien aceptados.

### **Xantatos**

Son reactivos químicos derivados del ácido carbónico, según (Espín, 2007) asegura que dos oxígenos serán reemplazados por el azufre e hidrogeno, es decir por un grupo alquil o un aril, los cuales tienen aplicaciones en la industria química analítica, vulcanización de llantas, como pesticida, como inhibidor de corrosión, y como lubricantes y aditivos.

Los xantatos, son reactivos solubles en agua los cuales se usan en concentraciones del orden del 5 a 20% en relación a su peso.

### **Xantato amílico de potasio**

Reactivo muy utilizado en la minería polimetálica principalmente para concentrar minerales que contiene oro, plata, cobre, entre otros. La reducida acides debe ser un factor importante en la flotación de dichos minerales, este reactivo es el primero que se utiliza en el diseño experimental para el siguiente capítulo.

Tabla 1.1 Estructura química del xantato amílico de potasio

<b>Producto</b>	<b>Xantato amílico de potasio</b>
Fórmula Química	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \overset{\text{S}}{\underset{  }{\text{C}}} - \text{SK}$
Nombres comerciales	Este producto también es comercializado como: Z-6 (Dow Chemical), AERO 350 (American Cyanamid), CX - 51 (Canadian Ind. Ltd.) y PAX - AMILXANTATO POTASICO (Hoechst).

Fuente (Renasa, 2017)

Se obtiene por la reacción del alcohol amílico, con el bisulfuro de carbono e hidróxido de potasio. Este xantato se aplica generalmente en aquellas operaciones que requieren el más alto grado de poder colector.

### Ditiofosfatos

Son aquellos colectores que sirven para flotar diferentes minerales sulfurados, los cuales son más específicos para un grupo de estos, los mismos que serán descritos a continuación:

Ditiofosfato es el AR-1242 según (Renasa, 2017) es el más utilizado por su alta tasa de recuperación para iones de plata, por lo tanto también se lo puede usar para flotación con Zinc teniendo la particularidad de ser solubles en agua, no siendo el caso de los dos anteriores.

Con los acuosos tenemos:

AR-1404

El colector se usa con una mezcla de AR-1242 para recuperar Cu, Pb, Zn.

Los reactivos AR-1404 y AR 1242, son los que se van a utilizar para el diseño experimental en el siguiente capítulo, por su alta tasa de recuperación en la minería polimetálica.

Tabla 1.2 Estructura química del ditiofosfato

Producto	Ditiofosfato
Estructura Química	$  \begin{array}{c}  \text{RO} \\  \diagdown \\  \text{P} \\  \diagup \\  \text{RO}  \end{array}  \begin{array}{c}  \text{S} \\  \diagdown \\  \text{SME}  \end{array}  $

Fuente (Renasa, 2017)

La estructura química de estos compuestos se los representa con la fórmula anteriormente señalada, lo que significa que ME es un átomo de hidrogeno o metal alcalino.

- **Espumantes**

Son reactivos químicos orgánicos solubles en agua que se encuentran en una interface en presencia de aire y agua, donde (Espín, 2007) determina que son moléculas heteropares, con un grupo polar que da la solubilidad en agua y un grupo hidrocarbonado no polar.

Este reactivo sirve para crear una espuma por encima de la pulpa, la cual genera las condiciones para elevar el mineral de interés y llevarlo a la corriente de flotados siendo la más importante, para impedir su descomposición y lograr un regreso posterior de las partículas a dicha pulpa previamente a ser recogida.

Teniendo en cuenta que al adsorberse cualquiera de los estos compuestos en la interacción aire-agua, según (Ingeominas, 2010) asegura que causa un efecto de agotamiento de iones por la elevada energía iónica, es decir, que sufre un desgaste por la interacción de iones en la pulpa.

Existen 2 grupos de espumantes:

**Alcoholes.-** Son aquellos que se consideran espumantes débiles porque tienen una baja actividad superficial; (Espín, 2007) afirma que el uso de estos alcoholes va a depender del tiempo de duración siendo los cíclicos mejores que los lineales.

**Poliglicoles.-** Son aquellos que varían en su estructura y peso molecular; es decir, si amplían su peso molecular amplían la recuperación de agua. (Espín, 2007), menciona que estos son más resistentes a los alcoholes mencionados anteriormente y mantienen una reducida sensibilidad a los cambios de pH.

Tabla 1.3 Estructura química del espumante

Producto	Espumante
Fórmula Química	$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_3 \\ &   & &   & \\ & \text{CH}_3 & & \text{OH} & \end{array}$
Nombres comerciales	También se puede encontrar como: Aceite de pino, Cresoles, Éter glicol polipropinél, Fenoles, MIBC

Fuente (Renasa, 2017)

- **Activadores**

Son reactivos usados para elevar la adsorción de los colectores (Mendoza, 2017) asegura que mejora las condiciones para flotar los minerales de interés.

Se puede activar una superficie de varias maneras:

- a) Puede ser un proceso secundario de oxidación.
- b) Agregando un ácido para diluir capas oxidadas de sulfuros.
- c) Reemplazando una red de cristales de iones metálicos por otros; que establezcan arreglos con los colectores.

- **Depresores**

Encontramos al sulfhidrato de sodio NaSH el cual deprime a los sulfuros, se utiliza para sulfuros de cobre en la flotación de Mo-Cu. (Gomez, 2012), menciona que el cianuro de sodio deprime al sulfuro de zinc (ZnS) y a la calcopirita, también la cal ayuda a deprimir a la pirita (FeS) y siendo útil usar de 1 a 3 kg/t para el oro.

- **Reguladores de pH**

Los reguladores más usados dentro de los proceso de flotación en la industria minera es la cal (CaO) o también el hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>).

Otro regulador es el Carbonato de Sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) o también el Hidróxido de Sodio (NaOH). (Renasa, 2017) Dice que el medio de uso de estos reguladores varía en su costo-beneficio, la cal por su lado es más económica y se utiliza siempre y cuando no afecte la concentración por flotación, llevando a un rango deseado entre 8 y 14 en la escala de pH.

### **1.3 Variables de investigación**

Las variables de investigación son la granulometría y el colector los cuales será sujetos a cambios mientras se realiza la experimentación, los cuales se describen a continuación:

### 1.3.1 Granulometría

Es el análisis de un agregado mediante un procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas según su tamaño, (Gomez, 2012) asegura que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aportan en el peso total.

**Tamaño de las partículas.-** Independiente del tipo de material a tratar, el tamaño de sus partículas varía, (Ingeominas, 2010) menciona que la textura y propiedades físicas dependerán del tamaño de ellas, es decir a mayor tamaño mayor espacio entre ellas y es más poroso, menor tamaño menor espacio dificultando el paso del aire y agua, generando menos poroso.

**Sistema AASHTO Y USCS.-** El análisis granulométrico de una muestra se desarrolla con los sistemas tradicionales; en los cuales podemos encontrar las siguientes comparaciones:

- Se divide la muestra en grano fino y grueso separado por la malla N° 200. En el experimento a realizarse se utilizará dos muestras de grano grueso y una de grano fino, es decir utilizar el 100% de la malla 60 y 100% de la malla 100 como grano grueso; y como grano fino el 100% de la malla 200 respectivamente.
- AASTHO considera un grano fino cuando más del 35% pasa la malla N° 200 y USCS considera grano fino cuando más del 50% pasa la malla N° 200.

La granulometría del material a concentrar es una variable muy importante a considerar dentro del proceso de flotación, por lo tanto, es una de las más importantes que se utiliza para experimentar tres granulometrías diferentes descritas en el siguiente capítulo.

Para la determinación del tamaño de los granos se va a realizar el análisis granulométrico por tamizado.

**Método del Tamiz.-** Consiste en colocar el material a caracterizar en una serie de mallas normalizadas las cuales van a retener el tamaño que no pueda cruzar el límite inferior.

Los tamices que se utiliza para el proceso de selección del tamaño de partícula son normalizados, (Bustamante, 2007) afirma que debe tener relación al número de orificios que contiene la malla por pulgada lineal. Como se enseña en la siguiente figura:



Figura 1.2 Tamiz para el análisis granulométrico  
Fuente: (Bustamante, 2007)



Figura 1.3 Tamices ordenados en orden decreciente  
Fuente: (Bustamante, 2007)

El proceso consiste en la utilización de una serie de tamices de aperturas decrecientes apilados que consigue fraccionar el sistema en muestras de distintos tamaños de grano.

Para accionar el funcionamiento de los tamices se lo realiza a través de un equipo “ro-tap” permitiendo la clasificación granulométrica del material, donde según (Luna, 2016) es un movimiento circular y vibratorio para una mejor clasificación.

El tamaño de grano a flotar viene dado por el tiempo de molienda que se aplica para obtener granulometrías más finas que la inicial. Para la determinación del tamaño ideal la muestra estará seca y posteriormente se realiza la caracterización granulométrica a tratar.

Se debe tener un material molido que no sea mayor a malla 48 ni menor a malla 270, (María, 2012) establece que de acuerdo a las partículas gruesas, las mismas se depositarán al fondo del recipiente evitando la flotación y averiando los equipos. En cambio, cuando el material es demasiado fino, la selectividad del mineral de interés decrece debido a la flotación de minerales de ganga además al ser fino, la adhesión partícula burbuja no es posible debido a que no se adquiere la energía cinética suficiente para este proceso.

Para el experimento a realizarse en la flotación se utilizara el 100% de la malla pasante, es decir, se va a trabajar con malla 60, 100 y 200 y de esta manera se va a demostrar la mejor recuperación con la granulometría correspondiente.

La relación existente entre la masa o volumen de dicho material es aquel que nos determina la densidad que tiene la muestra a ser estudiada, siendo uno de los valores de mayor importancia durante un ensayo de flotación.

### **1.3.2 Colector**

En la flotación de sulfuros el uso de colectores es uno de los procedimientos más significativos, por lo tanto, se debe seleccionar muy bien el que se va a usar a lo largo del experimento ya que va a influir a lo largo de la operación.

La elección del colector debe darse a través de las características del metal a recuperar, de tal manera que para concentrar oro, el mismo que se presenta junto a sulfuros, encapsulado en fuentes de arsénico y en estado libre hace que la combinación de reactivos sea una opción para una recuperación más efectiva.

Las características hidrofóbicas según (Bustamante, 2007) se otorgan gracias al uso de los colectores, es decir, no forman enlace con el agua.

Para el aumento del ángulo de contacto (Gustavo Neira Arena, 2007) asegura que es aquel que favorece o no la adhesión de la partícula con el agua, se utiliza diferentes reactivos.

Bajo la existencia de reactivos para separar una serie de metales de interés da la opción de escoger para obtener una mejor recuperación.

Los xantatos y ditiofosfatos son usados preferiblemente en una combinación entre los dos.

La dosificación según (Gomez, 2012) de los xantatos (etil xantato y amil xantato) junto con ditiofosfato de sodio varían entre 50 g/t hasta 200 g/t; teniendo en cuenta que la experimentación se va utilizar un valor constante por muestra de material seco.

El oro está relacionado con sulfuros como:

- Pirita.
- Arsenopirita.
- Galena.
- Blenda.
- Formando especies minerales con plata, telurio y estaño.

Para recuperar el oro presente en las muestras se utilizará tres colectores ideales para la concentración del metal de interés.

### **1.3.3 Variables de los equipos**

- **Agitación de pulpa**

El sistema de agitación del material que se homogeniza a través de un impulsor, el cual permite una oxigenación para evitar problemas de ineficiencia en el mezclado de la pulpa, que nos permite manejar el concentrado y colas del proceso de flotación.

- **Flotación de celdas**

Las celdas de flotación son una serie de equipos que nos permiten concentrar los metales de interés generalmente de baja ley, las cuales vienen en forma rectangular o cilíndrica, que nos permiten tener una mezcla homogénea de la pulpa que se encuentra flotando.

Hoy en día existen dos tipos de flotación:

- Flotación neumática
- Flotación mecánica

**Flotación neumática:** Su oxigenación viene dada a través de la inyección de aire comprimido por medio de un instrumento que produce agitación y espuma.

**Flotación mecánica:** La inserción de oxígeno se realiza por la acción del agitador por medio de aspiración, produciendo una espuma impura.

#### **1.3.4 Factores negativos para la flotación de oro y posibles soluciones**

- Los minerales más frecuentes que obstaculizan la flotación de oro y electrum (aleación de oro y plata) según (Yianatos, 2005) son: La presencia de oro fino en menas de sulfuros polimetálicos, minerales arcillosos, lodos, materiales carbonáceos (contienen carbón en su composición). Es decir estos contaminantes afectan negativamente al proceso de concentración de minerales.
- Los reactivos de flotación pueden ser consumidos por los lodos y arcillas, los cuales recubren las partículas de oro, bajando drásticamente la capacidad de recuperación según lo menciona (Yianatos, 2005) por lo tanto, para evitar aquello es necesario separar estos materiales en la etapa de conminución y separar las partículas gruesas y finas, para esto se puede utilizar la concentración gravimétrica, para el caso de los lodos se los puede eliminar durante la fase de tostación. Los materiales carbonosos que interfieren son grafito, carbón activado, ácidos orgánicos. En este tipo de menas es necesario, ya sea flotar un concentrado del material libre de oro o despresar la materia carbonosa flotando el oro y la pirita.
- Las bajas temperaturas disminuyen la tasa de flotación de la pirita aurífera, por lo tanto la temperatura es un factor a tomar en cuenta en el proceso; (Yianatos, 2005) define que se produce un deterioro en la velocidad de transferencia, también se genera un incremento en la viscosidad de la espuma, sin embargo, a temperaturas superiores a 50°C, pueden tener un efecto

negativo, debido a la desorción (un gas abandona un sólido) de las especies colectoras, por el incremento de la solubilidad de los mismos.

### 1.3.5 Componentes de operación

El pH es un factor a considerar en el proceso de flotación de oro, el cual es el potencial de hidrógeno presente en la solución, (Luna, 2016) establece que la pulpa debe encontrarse en un intervalo alcalino. Es por ende que este proceso debe ser regulado con cal (CaO) o hidróxido de sodio (NaOH) para ser llevado a un pH de 7.

Densidad de pulpa es la viscosidad que contiene la misma, por tanto es un factor muy importante para el proceso de flotación, de donde, si se tiene una elevada viscosidad no genera una burbuja ideal que impide el ingreso de aire, por ende si no se cumplen estas condiciones se obtiene un resultado desfavorable.

Para obtener un porcentaje ideal en la densidad de la pulpa es importante considerar el tamaño de la celda a trabajar; así mismo el tamaño del grano depende del rebalse del clasificador siendo proporcional el aumento de sólidos al ser el producto grueso y disminuye al ser fino.

La mezcla sólido – líquido es la denominada pulpa mineral, donde la siguiente ecuación describe la densidad de pulpa; asegura (Bustamante R, Tabón Suárez, & Naranjo Gómez, 2012):

$$\frac{100}{\rho \text{ pulpa}} = \frac{\% \text{ peso}}{\rho \text{ solido}} + \frac{100 - \% \text{ peso}}{\rho \text{ agua}}$$

- **Tiempo de Flotación**

Los factores para el tiempo de flotación son los siguientes: diseño del circuito de flotación, porcentaje de sólidos, volumen de pulpa, tipo de mineral, hace referencia al tiempo promedio que una solución acuosa pertenece a una celda para su procesamiento (Chica & Salinas, 2017) Afirma: desde el momento que se homogeniza la pulpa hasta cuando se termina de recoger las espumas de flotación, siendo el tiempo el adecuado para una recuperación ideal.

Existen dos clases de tiempo dentro de la flotación:

- Tiempo de acondicionamiento.
- Tiempo de retención.

### **Tiempo de acondicionamiento**

Mientras la pulpa se encuentra en movimiento circular actúan los activadores hasta introducir los colectores para generar la cinética de adsorción.

### **Tiempo de retención**

La recolección de burbujas se realiza mientras se aglomera el concentrado y las colas durante el proceso de flotación, es decir, es el tiempo que se demora en separar las partículas del metal de interés.

- **Flujo de aire**

El proceso de flotación requiere un ingreso de aire dentro del sistema donde se genera la cinética de concentración ya que es muy importante para la recuperación. Mientras no se encuentre el flujo de aire necesario no se podrá recuperar el mineral flotado. Por otro lado el exceso de inyección de aire genera disturbios en el sistema y las especies minerales no deseadas también flotarán.

Para evitar lo mencionado anteriormente se debe inyectar el oxígeno necesario por medio de impulsores mecánicos o giratorios. Hay que tener en cuenta que al procesar grandes cantidades de material es necesario inyectar grandes cantidades de aire, es decir unas 2.5 lb/plg<sup>2</sup>; para el caso de la flotación de sulfuros de oro en laboratorio no es necesario incrementar la entrada de oxígeno ya que son muestras reducidas.

El proceso de flotación se puede dar de dos maneras:

- El aire a usar en el intercambio iónico se puede apresar físicamente dentro de los agregados floculados de los granos.
- La adhesión de las partículas por el aire que se usa, puede ser atraída por fuerzas interfaciales.

Mientras más elevada sea la tensión solido-gas, solido-líquido y gas-líquidos (productos del ángulo de contacto) mayor adhesión tendremos en las especies minerales.

- **Calidad del agua**

El líquido incoloro conocido como agua es un factor muy importante en el proceso de flotación, por lo tanto se debe utilizar la misma calidad de agua en dicho proceso, siendo lo más recomendable para llevar una flotación fructífera y así evitar consumos innecesarios de los reactivos.

- **Temperatura**

La temperatura es un factor que se monitorea constantemente dentro del proceso de concentración de minerales, por lo tanto mantenerla al ambiente es lo ideal ya que el intercambio iónico es exógeno y no requiere de catalizadores, que influyan el aumento o disminución de la misma.

- **Condiciones de adhesión**

La energía de Gibbs, es la energía necesaria para unir las partículas a la burbuja generada en el proceso de flotación, como se representa en la siguiente figura.

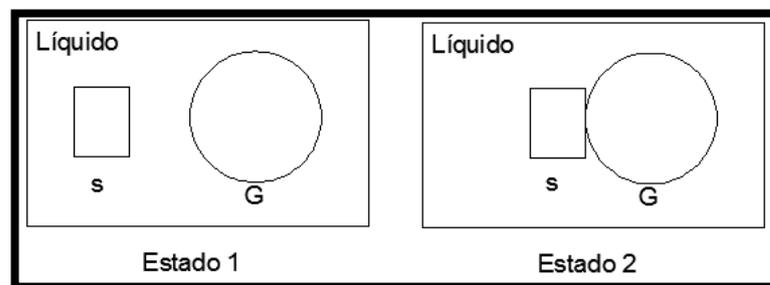


Figura 1.4 Adhesión de partículas y burbujas.  
Fuente: (Bustamante, 2007)

En el cual la simbología se describe a continuación:

S: Partícula de mineral

G: Burbuja

La capa de líquido entre la burbuja y el mineral particulado debe deformarse, así como se esquematiza a continuación:

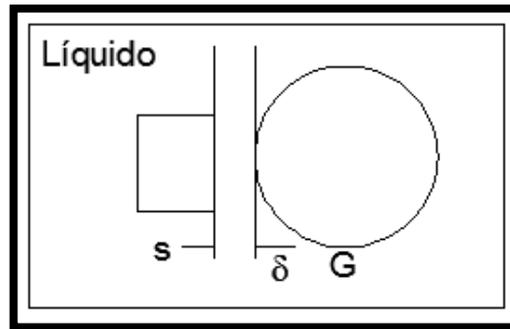


Figura 1.5 Límite líquido  
Fuente: (Bustamante, 2007)

- **Ángulo de contacto**

La tensión que se genera entre la superficie mineral y la superficie de burbuja es el denominado ángulo de contacto

El ángulo ( $\theta$ ) formado entre la tangente de la gota del líquido (L), depositada en una superficie sólida (S), con las tensiones interfaciales líquido- gas, sólido- líquido y sólido- gas, (Bustamante R, Tabón Suárez, & Naranjo Gómez, 2012) asegura que se establece un equilibrio de fuerzas de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\gamma SG = \gamma SL + \gamma LG \cos\theta$$

Despejada queda de la siguiente manera siendo la ecuación de young

$$\cos \theta = \frac{\gamma SG - \gamma SL}{\gamma LG}$$

Por lo tanto:

$\gamma SL$ : Tensión superficial de sólido y líquido.

$\gamma SG$ : Tensión superficial de sólido y gas.

$\gamma LG$ : Tensión superficial de líquido y gas.

$\theta$  : El ángulo de contacto.

Establece una relación entre el ángulo de contacto y la energía libre interfacial.

Si, entonces: y  $\theta = 0^\circ$ , ocurre humectación completa.

Si, entonces: y  $\theta > 0^\circ$ , ocurre humectación parcial.

$$\theta = \arccos \frac{rA * \cos \theta_a + rR * \cos \theta_r}{rA + rR}$$

Dónde:

$\theta_a$  = Ángulo avanzado

$\theta_b$  = Ángulo retrocedido

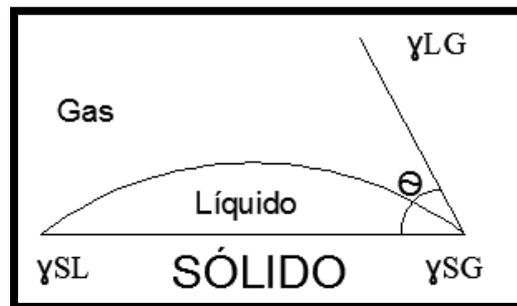


Figura 1.6 Ángulo de contacto

Fuente: (Bustamante R, Tabón Suárez, & Naranjo Gómez, 2012)

Para determinar si una superficie es hidrófila o hidrófoba se tiene en cuenta el ángulo de contacto.

En el apartado (Chica & Salinas, 2017) afirma: la superficie es hidrófila o hidrofílica, cuando el ángulo de contacto es inferior a  $90^\circ$ .

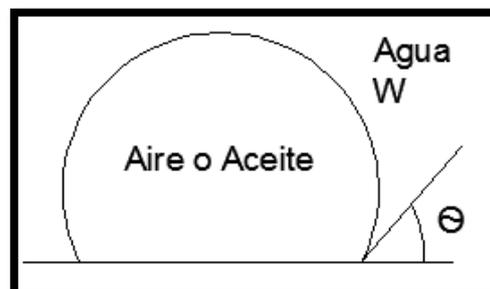


Figura 1.7 Superficie hidrófila.

Fuente: (Bustamante R, Tabón Suárez, & Naranjo Gómez, 2012)

Para que la superficie sea hidrófoba el ángulo debe ser superior a  $90^\circ$  así como se representa en la siguiente figura.

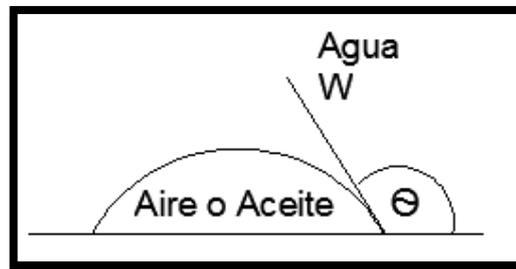


Figura 1.8 Superficie hidrófoba  
Fuente: (Bustamante R, Tabón Suárez, & Naranjo Gómez, 2012)

La adhesión óptima de la burbuja al grano mineral de interés se encuentra con un balance de las tensiones superficiales descritas anteriormente.

### 1.3.6 Índices metalúrgicos

En la etapa de concentración debemos tener en cuenta los índices metalúrgicos, según (Bustamante, 2007) nos permite conocer la calidad de separación, los mismos que son adimensionales, por lo nos ayudan a dimensionar en laboratorios y plantas concentradoras los procesos metalúrgicos como recuperación, rendimiento y razón de concentración.

El balance de masas es un factor a considerar en el cálculo de recuperación, ya que nos da una mayor certeza para que no refleje números incoherentes, teniendo en cuenta que los casos de separación y muestreo son dados en el laboratorio.

Clasificación de los índices metalúrgicos

- Índices que relacionan calidad:

**Recuperación:** Es la relación existente, según (Bustamante, 2007) entre el peso del material de interés que hay en el concentrado, con respecto a la cantidad de mineral en el alimento.

**Razón de enriquecimiento:** Es la relación existente, según (Bustamante, 2007) entre el tenor del mineral útil en el concentrado, respecto al tenor del mismo mineral en la alimentación.

**Índice de selectividad:** Es el análisis, según (Bustamante, 2007) entre la calidad de separación de dos especies minerales mediante el proceso de concentración.

Estos índices ayudan a determinar la calidad de recuperación y selectividad del material de interés.

- Índices que relacionan capacidad

**Rendimiento de concentración:** Es la relación, según (Bustamante, 2007) entre el flujo másico en el concentrado, respecto al flujo másico de sólidos en la alimentación.

**Razón de concentración:** Es la relación, según (Bustamante, 2007) entre el flujo másico de sólidos en la alimentación, con respecto al flujo de sólidos en el concentrado.

**Eficiencia de separación:** Es la combinación, según (Bustamante, 2007) entre la recuperación menos su rendimiento sobre uno menos el rendimiento ideal.

Estos índices de capacidad son aquellos que nos ayudan a tomar en cuenta la concentración y separación de especies minerales de interés durante la experimentación.

En la siguiente tabla (1.4) tenemos las fórmulas que ayudan directamente a entender mejor cómo funcionan y que variables entran en los índices metalúrgicos, dentro de las cuales se encuentra una de las fórmulas más importantes que es la recuperación la cual se va a tomar en cuenta en el siguiente capítulo.

Tabla 1.4 Índices metalúrgicos.

ÍNDICE METALÚRGICO	EXPRESIÓN DEL ÍNDICE IDEALMENTE	ÍNDICES EN TÉRMINOS DE TENORES
Recuperación R	$R_{IDEAL} = 1.0$	$R = \frac{[ta - tt] tc}{[tc - tt] ta}$
Razón de enriquecimiento $R_E$	$R_{E IDEAL} = \frac{1}{ta}$	$R = \frac{tc}{ta}$
Índice de selectividad I.S.	$I.S. IDEAL \rightarrow \infty$	$I.S. = \frac{ta(A) * tb(B)}{tb(A) * ta(B)}$
Razón de concentración RC	$RC_{IDEAL} = \frac{1}{ta}$	$RC = \frac{tc - tt}{ta - tt}$
Rendimiento V	$V = ta$	$V = \frac{ta - tt}{tc - tt}$
Eficiencia de separación E	$E = 1.0$	$E = \frac{(ta - tt)(tc - ta)}{ta(tc - tt)(1 - ta)}$

Fuente: (Bustamante, 2007)

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

#### 2.1 Metodología aplicada

Para el trabajo a continuación se va a realizar una metodología experimental y teórica para obtener mejores resultados describiendo detalladamente la recolección y caracterización del material.

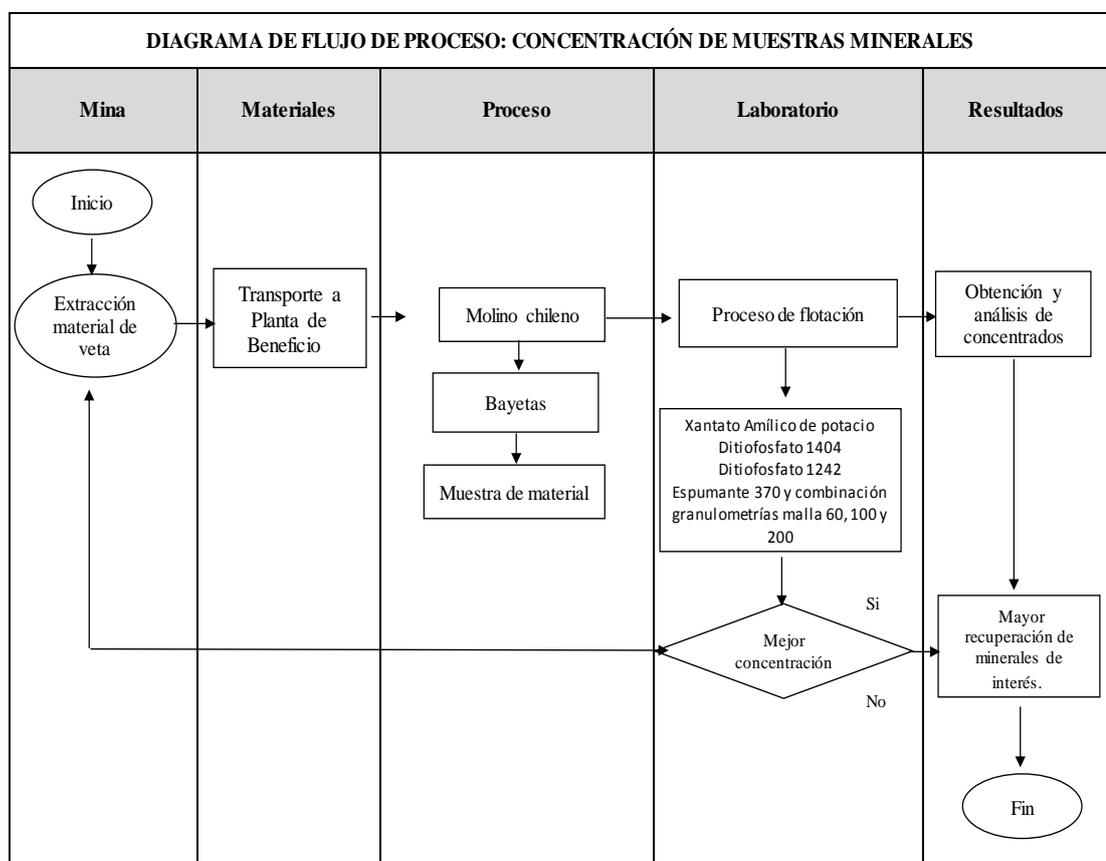


Figura 2.1 Flujograma de procesos

#### 2.1.1 Recolección del material

El material proveniente de la mina San Alfonso se recogerá posterior a su molienda, por lo que ya tiene una reducción de tamaño que pasa la malla 60, el mismo que tiene el tamaño de grano para realizar la primera fase de flotación que se describirá más adelante.

El material a trabajar en el diseño experimental va a cumplir las siguientes condiciones de tamaño:

- Utilizar como primer tamaño el recogido en la salida del molino chileno con una granulometría que pasa la malla 60 es decir 250  $\mu\text{m}$ .
- El siguiente tamaño es obtenido por un proceso de molienda secundaria en laboratorio el cual llega después de 2 horas en un tander metálico, por ende llega a un tamaño que pasa la malla 100 es decir 149  $\mu\text{m}$ .
- Consecuentemente se considera moler por 4 horas la tercer muestra que alcanza a pasar la malla 200 es decir 74  $\mu\text{m}$ .

Un aspecto muy importante es la ley de cabeza la misma que se toma en cuenta para cada una de las granulomentrias, siendo esta 18,4 g/t que es empleada para obtener los resultados de recuperacion.

Los rangos del tamaño de partícula se realizaron a través de los tamices tipo Ro Tap mediante la norma ASTM E – 11/95 que mantiene el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay, así mismo la concentración de oro es analizado por el método de ensayo al fuego (Fire Assay) o Absorción atómica, proporcionado por el Laboratorio Químico Metalúrgico JV.

### **2.1.2 Cuarteo**

El cuarteo de mineral es un procedimiento que se debe realizar para generar mayor nivel de confianza durante la recolección de la muestra y así hacer los procesos de molienda secundaria y terciaria, así como en la flotación de cada uno de los experimentos a ejecutar; es decir, el cuarteo se debe hacer en la recolección de la muestra inicial así como para cada uno de los ensayos de flotación con diferentes granulometrías, y de manera especial al momento de recoger los concentrados que se encuentran listos para ser analizados.

### **2.1.3 Caracterización del material**

En la caracterización se va a tener como referencia la ley de cabeza con el cual se trabaja en el proceso de lixiviación que la empresa utiliza, por lo que dicho material va a ser recogido desde la salida del molino chileno después de su paso por las

bayetas; las muestras recogidas tienen una ley baja la cual será la muestra inicial con el que se va a experimentar siendo este valor de 18.40 g/t; la muestra inicial se puede apreciar en el anexo 1 y el resultado de los análisis se los puede apreciar en el anexo 2.

#### **2.1.4 Secado del material**

El material inicial se mantiene en el horno hasta 24 horas para que se logre secar y así continuar con el siguiente proceso de cuarteo para seleccionar la muestra con la cual trabajar.

El secado se realiza a temperaturas entre los 90 a 95 C, mientras tanto (Lopez, 1967) asegura que la muestra pierde humedad y se la considera seca.

Los concentrados y las colas tienen tiempos diferentes de secado los primeros requieren unas horas para perder humedad mientras que los segundos requieren por lo menos las 24 horas anteriormente mencionadas. En el diseño experimental se tiene que cumplir este proceso.

#### **2.1.5 Molienda**

La molienda secundaria de tamaño se deberá hacer para obtener otra granulometría la que favorezca la flotación y así obtener nuevos índices de recuperación de minerales de interés. Cabe recalcar que la molienda se realiza en dos fases consideradas como secundaria y terciaria para obtener diferentes granulometrías, considerando diferentes tiempos en cada uno de los procesos anteriormente mencionados, los tamaños a trabajar en las moliendas serán las que pasen la malla 60, 100 y 200 respectivamente, cabe recalcar que la primera granulometría es decir, la que pasa la malla 60 es la que se recoge a la salida del molino chileno.

#### **2.1.6 Análisis granulométrico**

Se realizará un análisis del mineral molido para determinar si el tamaño obtenido es el adecuado para el proceso de flotación; utilizando tamices normalizados y numerados en orden decreciente (de mayor a menor tamaño).

Para los experimentos se toma en cuenta el 100% del material que pasa en la malla 60, 100 y 200 con muestras de 300 g cada una, empleados para realizar el proceso de

flotación mediante la utilización de 3 colectores totalmente diferentes, por ende se realiza 3 ensayos de flotación; repitiendo dos veces en cada granulometría.

Parte muy importante sobre la granulometría a trabajar es que cada colector trabaja con una granulometría diferente y se debe realizar 2 veces más cada experimento sumando en su totalidad 27 con 3 ensayos de flotación más para poder ajustar el equipo.

En el anexo 3 se encuentra los tamices ordenados de mayor a menor tamaño por los cuales se realiza la selección del material a flotar en sus diferentes fases y colectores.

## **2.2 Equipos**

Los equipos que se utilizan dentro del diseño experimental son aquellos cuya utilidad es esencial para cumplir con todos los objetivos de trabajo de titulación.

### **2.2.1 Equipo de flotación**

La máquina de flotación con la que se trabajará es una celda DENVER, el cual es un equipo muy utilizado en los laboratorios para los experimentos de flotación; pueden ser de bancos de flujo abierto o divididos en celdas. Son versátiles y mecánicas las que pueden modificar circuitos y mantener una recirculación homogénea de la pulpa a través del impulsor; hay que tener en cuenta que existen 2 tipos: las auto-aireadas y las sub-aireadas.

Para obtener un buen resultado en el experimento se debe tener en cuenta la capacidad de este equipo para tener una alimentación constante con relación al porcentaje de mineral, líquido y reactivo a usarse. El equipo a usarse se encuentra en el anexo 4.

### **2.2.2 Preparación de reactivos**

Uno de los puntos clave de este experimento es el uso y preparación de los reactivos en relación a la cantidad y el tiempo, para esto se deberá calcular la dosificación de los reactivos a emplearse en el proceso de flotación, el mismo que será descrito más adelante y teniendo en cuenta que la dosificación está dada por la planta Santa Marianita.

- **Reactivos**

Los reactivos que se utilizan en todo el experimento son los siguientes:

Xantato amílico de potasio.

El Xantato amílico de potasio o más conocido como Z6 es un colector muy usado en la industria polimetálica por recoger todos los metales de interés desde oro, plata, cobre hasta plomo y zinc, por esta razón es el primero en usarse en el diseño experimental.

Los xantatos por lo general tienen un olor muy característico por lo que son sustancias duras debido a una pequeña cantidad de mercaptanos.

Los mercaptanos son gases de olor elevado por su contenido de azufre, hidrogeno y carbono.

Se según (C.di Yorio, 2003) este colector es usado con concentraciones entre 20 a 100 g/t para la experimentación se va a utilizar 50 g/t, el xantato a usarse en el laboratorio de la Universidad de Azuay se puede apreciar en el anexo 5.

#### **Ditiofosfato AR-1404**

Los ditiofosfatos son reactivos muy utilizados en la industria minera para la flotación de sulfuros, por lo general tienen menor potencia que los xantatos pero son más selectivos. Su dosificación según (Renasa, 2017) esta por lo general entre los 25 a 100 g/t, por ende se va utilizar una dosificación de 75g/t, en el anexo 6 se puede apreciar el ditiofosfato 1404.

#### **Ditiofosfato AR- 1242**

Al concentrar menas polimetálicas el ditiofosfato 1242 es un colector muy eficiente como se mencionó anteriormente es más débil que el xantato pero mucho más selectivo al momento de flotar un solo mineral de interés, este reactivo se va a utilizar dentro del proceso experimental, se lo puede apreciar en el anexo 7. Para la experimentación se va a utilizar una dosificación de 67g/t.

### **Espumante ER-370**

El espumante ER- 370 es un reactivo que nos ayuda a flotar el mineral de interés después acondicionarlo con el colector en un tiempo prudente, es insoluble en agua el cual genera espuma para dejar dentro de la celda los relaves de proceso de concentración y sobrepasar dicha celda adicionando oxígeno. El espumante se lo puede apreciar en el anexo 8. Su dosificación según (Cytex, 2002) esta entre 30 a 100 g/t, por lo que se va a utilizar el valor de 30g/t para evitar que el material estéril flote.

#### **2.2.3 Equipos Auxiliares**

- **Balanza**

Es un instrumento que se utiliza para medir el peso en pulpa, el peso de la muestra y los concentrados obtenidos en los procesos de flotación y así finalmente determinar el balance de masas, el valor de precisión puede estar hasta los 0.1 g, por lo tanto, se puede medir pequeños pesos.

- **Bandeja**

La bandeja es un instrumento de almacenamiento puede ser plástica o metálica.

Con las primeras se realiza el almacenamiento de las colas y posterior secado natural de las mismas.

Con la segunda se realizará el secado el material concentrado en un horno, siendo más pequeña que las plásticas.

- **Espátula**

Es un instrumento metálico con una forma plana, la cual se utiliza para la recolección del concentrado o producto de recuperación del proceso de flotación.

- **Pisetas**

Son las botellas a aplicar para realizar la limpieza de los instrumentos a usarse en el proceso de flotación, las cuales van a contener agua.

- **Probeta**

Instrumento volumétrico que facilita medir el volumen de agua muchos más rápido que una pipeta.

- **Pipetas graduadas**

Este instrumento permitirá transferir el volumen de un recipiente a otro en forma exacta y correcta.

- **Papel pH**

La cinta para medir la potencia de hidrogeno de la pulpa determina la acides o alcalinidad, para los procesos de flotación se utiliza un pH de 7 lo cual indica que trabaja un medio alcalino.

## **2.3 Pruebas de laboratorio**

Para el proceso de flotación en el laboratorio de la Universidad del Azuay se describe a continuación el procedimiento que se va a realizar en cada una de las pruebas de flotación como son caracterización del material a tratar, parámetros a seguir durante el proceso y preparación de la muestra e inicio de flotación.

### **2.3.1 Procedimiento**

El proceso que se realiza para obtener el concentrado es analizado para obtener el porcentaje de recuperación con tres granulometrías y colectores diferentes.

Se considera la celda con su capacidad, la granulometría a trabajar y el colector con su respectivo espumante, sin dejar a un lado el tiempo de agitación y su velocidad.

- **Caracterización del material**

La muestra debe tener un tamaño de partícula que pase la malla #60, malla #100 y la malla #200; con ayuda de los molinos presentes en el laboratorio y el uso de los tamices respectivamente. En la siguiente tabla se coloca el tamaño de grano en micrones ( $\mu\text{m}$ ) y el numero de tamiz que se va a trabajar en cada ensayo de flotacion.

Tabla 2.1 Tamaño de material con su respectivo número de tamiz

Tamaño de grano ( $\mu\text{m}$ )	Número de tamiz
250	60
149	100
74	200

- **Parámetros a seguir durante el proceso de concentración**

**Tipo de celda.-** Denver

**Espumante.-** ER- 370

**pH:** 7

**Velocidad de agitación de la pulpa.-** La velocidad a la cual se trabajó durante el proceso es de 900 RPM para el acondicionamiento del material.

**Tiempo de acondicionamiento.-** Con un tiempo de 10 minutos donde se le adiciona el tipo de colector.

**Velocidad de retención.-** 1200 RPM.

**Tiempo de retención.-** Se trabaja con un tiempo de 5 minutos donde se le adiciona el espumante y se procede a obtener el concentrado y las colas.

**Tiempo de flotación.-** Se trabajó con un tiempo total de 15 minutos.

**Temperatura.-** Ambiente.

**Calidad del agua.-** Durante el proceso de flotación se utilizó agua destilada proporcionada por los laboratorios de la Universidad del Azuay.

**Peso de la muestra.-** 300g

**Granulometría.-** Malla 60 = 250  $\mu\text{m}$

Malla 100 = 149  $\mu\text{m}$

Malla 200 = 74  $\mu\text{m}$

**Colectores:** Xantato amflico de potasio

Ditiofosfato 1242

Ditiofosfato 1404

Los cálculos de dosificación se describen mas adelante.

El procedimiento a realizarse debe ser el mismo en todas las fases de diseño experimental el cuál debe tener 2 factores operacionales sujetos a experimentacion: granulometría y colector. El peso de la muestra 300g, la cantidad de agua 900ml, pH: 7, espumante ER- 370 la velocidad de acondicionamiento: 900rpm y de flotacion 1200rpm, serán factores fijos dentro del proceso de flotacion. Finalmente se debe cumplir 10 minutos de acondicionamiento y 5 minutos de flotacion.

- **Preparación de la muestra e inicio de flotación**

Se debe primero preparar la pulpa con las especificaciones adecuadas a trabajar, una vez que la pulpa pase la malla a utilizar se debe pesar la cantidad necesaria a utilizar en la celda como se puede apreciar en el anexo 9; posteriormente debe ser llevada al recipiente donde se realizará la flotación.

El peso de la muestra a flotar es de 300 gramos con el cual se debe trabajar en todos los ensayos de concentración.

Para el cálculo de la densidad del material se debe utilizar una probeta, a la misma se le adiciona agua, se toma la cantidad de muestra a utilizar que será de 10 gr y se vierte en la probeta, dando un incremento de 5 cm<sup>3</sup>, y con los datos obtenidos se procede al cálculo de la densidad del mineral. Para el cálculo de la densidad se considera la siguiente ecuación.

$$d = \frac{\text{masa (g)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$$

$$d = \frac{10}{5}$$

$$d = 2 \text{ g/cm}^3$$

A continuación se debe colocar primero el sólido en un peso de 300 gramos y luego el líquido (agua destilada) en 900 mililitros, se enciende la celda de flotación, y el agitador comienza a funcionar donde se verifica que la agitación sea efectiva; se la deja encendida por unos minutos y se comienza a medir el pH natural que tiene, posteriormente se le adiciona la cantidad de hidróxido de sodio necesario para que la pulpa alcance un pH de 7.

Una vez alcanzado el pH adecuado para el proceso, se procede a agregar el colector a usarse mediante una jeringuilla de insulina, por lo que es importante saber la cantidad de solución que es necesario utilizar para llevar a cabo la flotación.

Para la dosificación de los reactivos tanto como colectores y espumante se realiza la relación de cálculo proporcionada por la planta de beneficio Santa Marianita descrita a continuación:

En relación al xantato amílico de potasio se realiza en proporción al volumen y peso de mineral a concentrar, según la ecuación que fue proporcionada por la Planta de beneficio Santa Marianita:

$$\frac{50 \text{ g de Xantato amílico de potasio (10\%)}}{1000 \text{ Kg de mineral seco}} \times 0.300 \text{ Kgms}$$

$$= 0.015 \text{ g Xantato amílico de potasio (10\%)}$$

Para obtener la dosificación en mililitros se utiliza esta relación:

$$\frac{10 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = \frac{0.015 \text{ g}}{X}$$

$$X = 0.15 \text{ ml Xantato amílico de potasio}$$

La concentración de xantato amílico de potasio es de 0.15 ml, el cual se coloca en cada proceso de flotación en el tiempo de acondicionamiento, el mismo que es resultado de la relación a los 300 gramos que se mencionó trabajar.

En relación al ditiofosfato AR-1242 se realiza en proporción al volumen y peso de mineral a concentrar, según la ecuación que fue proporcionada por la Planta de beneficio Santa Marianita.

$$\frac{67 \text{ g Ditiofosfato AR 1242}}{1000 \text{ Kg de mineral seco}} \times 0.300 \text{ Kgms}$$

$$= 0.02 \text{ g Ditiofosfato AR 1242}$$

Para obtener la dosificación en mililitros se utiliza esta relación:

$$10 \text{ g} \quad 100\text{ml}$$

$$0.02 \text{ g} \quad x$$

$$X = 0.2 \text{ ml Ditiofosfato AR 1242}$$

Para 300 gramos de muestra a trabajar se utiliza 0.20 ml de ditiofosfato 1242 en el tiempo de acondicionamiento.

En relación al ditiofosfato AR-1404 se realiza en proporción al volumen y peso de mineral a concentrar, según la ecuación que fue proporcionada por la Planta de beneficio Santa Marianita.

$$\frac{75 \text{ ml Ditiofosfato AR 1404}}{1000 \text{ Kg de mineral seco}} \times 0.300 \text{ Kgms}$$

$$= 0.022 \text{ ml Ditiofosfato AR 1404}$$

Para obtener la dosificación en mililitros se utiliza esta relación:

$$10 \text{ g} \quad 100\text{ml}$$

$$0.022 \text{ g} \quad x$$

$$X = 0.22 \text{ ml Ditiofosfato AR 1404}$$

La dosificación de todos los reactivos es diferente ya que su rango está sujeto a experimentación, y en su tiempo es acondicionamiento es donde se coloca con exactitud el colector.

Para el tiempo de acondicionamiento se trabaja sin oxígeno en la celda de flotación con una duración de 10 minutos

Una vez pasado el tiempo de acondicionamiento, debemos agregar el espumante, se debe abrir el paso del oxígeno y encender la celda de flotación para empezar a recolectar la cantidad de muestra adecuada para el respectivo análisis con el uso de una espátula durante un tiempo de 5 minutos.

La dosificación del espumante esta dado mediante la relación otorgada por la planta de beneficio Santa Marianita, misma que se representa en la siguiente ecuación:

$$\frac{30 \text{ ml Espumante ER} - 370 (10\%)}{1000 \text{ Kg de mineral seco}} \times 0.300 \text{ Kgms}$$

$$= 0.009 \text{ ml Espumante ER} - 370 (10\%)$$

Al terminar la flotación, se detiene el agitador y se extrae todo el material que queda al fondo de la celda (colas); una vez recolectadas en sus respectivas bandejas se procede a secar tanto el concentrado como las colas.

Como último punto, se remueve la muestra con la espátula y posteriormente pesarlas para determinar qué porcentaje de pérdidas se ha obtenido, luego debe ser llevada para su respectivo análisis.

El proceso de concentración debe realizarse con cada uno de las granulometrías en las mallas 60, 100, y 200 utilizando xantato amílico de potasio, ditiofosfato 1242 y 1404. De tal manera que se forma un matriz donde se debe demostrar en el diseño experimental cuál de ellos tiene la mejor recuperación.

## **2.4 Diseño experimental**

En el diseño experimental se realiza 30 pruebas de flotación en total, entre estas 27 son válidas y 3 son utilizadas para el ajuste de los equipos como la celda, balanza y demás equipos de laboratorio. Las pruebas son realizadas independientemente entre ellas, las cuales no interfieren en el cálculo de recuperación.

La relación entre cada granulometría y colector ayuda a comparar la efectividad de cada prueba de flotación ya que el proyecto es experimental.

El diseño empieza de la siguiente manera: la granulometría, análisis de recuperación, análisis de las colas, antes de cada análisis se debe secar las muestras y que no exista una pérdida de más del 5%.

Los análisis de cabeza y concentrado se realiza por el método de ensayo al fuego (Fire Assay) o Absorción atómica; proporcionado por el Laboratorio Químico Metalúrgico JV. Cada experimento deben contener un valor similar para que sea válido caso contrario no se tomaría en cuenta.

Para la concentración de oro en las colas se realiza una diferencia entre el tenor de cabeza y colas.

### **2.4.1 Análisis de concentrado**

Para el análisis del concentrado se realiza en primera instancia un análisis de la ley de cabeza en laboratorio con el fin de obtener el valor del tenor de alimentación del mineral ( $t_a$ ), que se muestra en el anexo 2.

Una vez realizado el proceso de flotación se envía las muestras de concentrados secas al laboratorio metalúrgico, el cual nos da los resultados obtenidos en cada muestra, consiguiendo el valor de tenor de concentrado del mineral ( $t_c$ ), que se puede apreciar en los anexos 10 - 36.

Con los valores obtenidos se puede calcular la recuperación en cada prueba de flotación, la misma que ayuda a determinar el experimento que obtuvo los mejores resultados.

Posteriormente se demuestra el peso y tenor de concentrado de un solo tipo de ensayo usado en los 3 colectores y 3 granulometrías diferentes, representado en las

siguientes tablas, teniendo en cuenta que los resultados finales son un promedio de todos los cálculos que se encuentran en los anexos.

Tabla 2.2 Peso y tenor de concentrado de la malla 60

	<b>Xantato amílico de potasio</b>	<b>Ditiofosfato 1242</b>	<b>Ditiofosfato 1404</b>
Masa del concentrado (g)	31.2	56	9
Tenor de concentrado (g/t)	91.06	60.54	435.65

Tabla 2.3 Peso y tenor de concentrado de la malla 100

	<b>Xantato amílico de potasio</b>	<b>Ditiofosfato 1242</b>	<b>Ditiofosfato 1404</b>
Masa del concentrado (g)	36	34.3	60
Tenor de concentrado (g/t)	97.59	106.97	70.65

Tabla 2.4 Peso y tenor de concentrado de la malla 200

	<b>Xantato amílico de potasio</b>	<b>Ditiofosfato 1242</b>	<b>Ditiofosfato 1404</b>
Masa del concentrado (g)	17.5	48	63.4
Tenor de concentrado (g/t)	201.68	70.12	55.9

### 2.4.2 Análisis de recuperación

El proceso de recuperación nos permite determinar la eficiencia y rendimiento que tiene la flotación con el uso de diferentes colectores y el tipo de granulometría presente, estableciendo cual fue el proceso que obtuvo mayor recuperación.

Para la obtención del porcentaje de recuperación (Bustamante, 2007), propone la siguiente ecuación:

$$R = \frac{C \, t_c}{A \, t_a}$$

**Dónde:**

R = Recuperación

C = Masa del concentrado en g.

$t_c$  = Concentrado de oro

A = Masa de la alimentación en g.

$t_a$  = Concentrado de Au en la alimentación.

Se demuestra el cálculo de recuperación de un solo tipo de ensayo usado en los 3 colectores y 3 granulometrías diferentes, representados a continuación:

Tabla 2.5 Peso y concentrado en la alimentación.

	<b>Xantato amílico de potasio</b>	<b>Ditiofosfato AR-1242</b>	<b>Ditiofosfato AR-1404</b>
Masa de alimentación (A) (g)	300	300	300
Concentrado de oro en la alimentación ( $t_a$ ) (g/t)	18.4	18.4	18.4

- Cálculo de recuperación en la malla 60.

Xantato Amílico de potasio.

$$R = \frac{31.2 \text{ (g)} \times 91.06 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 51.47 \%}$$

Ditiofosfato AR-1242

$$R = \frac{56 \text{ (g)} \times 60.54 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 61.41 \%}$$

Ditiofosfato AR-1404

$$R = \frac{9 \text{ (g)} \times 435.62 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 71.02 \%}$$

- Cálculo de recuperación en la malla 100

Xantato Amílico de potasio.

$$R = \frac{36 \text{ (g)} \times 97.59 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 63.64 \%}$$

Ditiofosfato AR-1242

$$R = \frac{34.3 \text{ (g)} \times 106.97 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 66.47 \%}$$

Ditiofosfato AR-1404

$$R = \frac{60 \text{ (g)} \times 70.65 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 76.79 \%}$$

- Cálculo de recuperación en la malla 200

Xantato Amílico de potasio.

$$R = \frac{17.5 \text{ (g)} \times 201.68 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 63.93 \%}$$

Ditiofosfato AR-1242

$$R = \frac{48 \text{ (g)} \times 70.12 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 60.97 \%}$$

Ditiofosfato AR-1404

$$R = \frac{63.4 \text{ (g)} \times 55.9 \text{ (g/t)}}{300 \text{ (g)} \times 18.4 \text{ (g/t)}} \times 100 \%$$

$$\mathbf{R = 64.20 \%}$$

### 2.4.3 Análisis de las colas

Para la obtención del porcentaje de oro presente en las colas, según (Bustamante, 2007) se calcula mediante un balance de masas con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Ata = Ctc - Ttt}$$

**Dónde:**

A = Masa de la alimentación en g.

ta= Concentrado de oro en la alimentación.

C = Masa del concentrado.

tc= Concentrado de oro.

T = Masa de las colas en g.

tt= Concentrado de oro en las colas.

La siguiente ecuación ayuda a determinar el tenor de colas o relaves

$$tt = \frac{Ata - Ctc}{T}$$

Para realizar el cálculo respectivo se utiliza los datos de la tablas 2.2 - 2.5

- Colas en la malla 60.

Peso xantato amílico de potasio: 262.8 g

Peso ditiofosfato AR-1242: 237.6 g

Peso ditiofosfato AR-1404: 286.5 g

Utilizando la ecuación antes mencionada, se presentan los siguientes resultados en la malla 60.

Xantato amílico de potasio

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (31.2 \text{ g})(91.06 \text{ g/t})}{(262.8 \text{ g})}$$

$$tt = 10.19 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1242

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (56 \text{ g})(60.54 \text{ g/t})}{(237.6 \text{ g})}$$

$$tt = 8.96 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1404

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (9 \text{ g})(435.62 \text{ g/t})}{(286.5 \text{ g})}$$

$$tt = 5.58 \text{ (g/t)}$$

- Colas en la malla 100.

Peso xantato amílico de potasio: 258.9 g

Peso ditiofosfato AR-1242: 262.5 g

Peso ditiofosfato AR-1404: 237.6 g

Utilizando la ecuación antes mencionada, se presentan los siguientes resultados en la malla 100.

Xantato amílico de potasio

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (36 \text{ g})(97.59 \text{ g/t})}{(258.9 \text{ g})}$$

$$tt = 7.75 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1242

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (34.3 \text{ g})(106.97 \text{ g/t})}{(262.5 \text{ g})}$$

$$tt = 7.05 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1404

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (60 \text{ g})(70.65 \text{ g/t})}{(237.6 \text{ g})}$$

$$tt = 5.39 \text{ (g/t)}$$

- Colas en la malla 200.

Peso xantato amílico de potasio: 279.8 g

Peso ditiofosfato AR-1242: 244.1 g

Peso ditiofosfato AR-1404: 229.6 g

Utilizando la ecuación antes mencionada, se presentan los siguientes resultados en la malla 200.

Xantato amílico de potasio

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (17.5 \text{ g})(201.68 \text{ g/t})}{(279.8 \text{ g})}$$

$$tt = 7.11 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1242

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (48 \text{ g})(70.12 \text{ g/t})}{(244.1 \text{ g})}$$

$$tt = 8.82 \text{ (g/t)}$$

Ditiofosfato AR – 1404

$$tt = \frac{(300 \text{ g})(18.4 \text{ g/t}) - (63.4 \text{ g})(55.90 \text{ g/t})}{(229.6 \text{ g})}$$

$$tt = 8.60 \text{ (g/t)}$$

Los siguientes cálculos son producto del uso de 3 granulometrías y 3 colectores diferentes para demostrar que aún queda un porcentaje de relaves que contiene una ley de oro, es decir que existen perdida durante el ensayo de flotación.

## 2.5 Análisis de resultados

Una vez elaborado todo el proceso de experimentación, se procede a demostrar los resultados obtenidos durante la práctica y la variación que se obtiene en cada uno de los ensayos; demostrando cual es el proceso que obtiene mayor recuperación y que colector es el adecuado. (Ver anexos 37, 38 y 39)

Para determinar que colector obtiene la mayor recuperación dentro del proceso, se realiza un promedio entre las diferentes flotaciones realizadas con su respectivo colector, el cual nos establece el que obtuvo mayor recuperación durante los ensayos realizados, cuyos pasos se indican en los tres ensayos practicados.

En las tablas 2.6, 2.7, y 2.8 se demuestra el promedio de la recuperación obtenida en la malla 60, 100 y 200 respectivamente de los 27 ensayos realizados.

Tabla 2.6 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 60

<b>Colector</b>	<b>Recuperación (%)</b>
Xantato amílico de potasio	59.67
Ditiofosfato AR-1242	69.02
Ditiofosfato AR-1404	78.83



Figura 2.2 Recuperación de cada colector en la malla 60

Tabla 2.7 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 100

<b>Colector</b>	<b>Recuperación (%)</b>
Xantato amílico de potasio	65.81
Ditiofosfato AR-1242	71.42
Ditiofosfato AR-1404	81.73

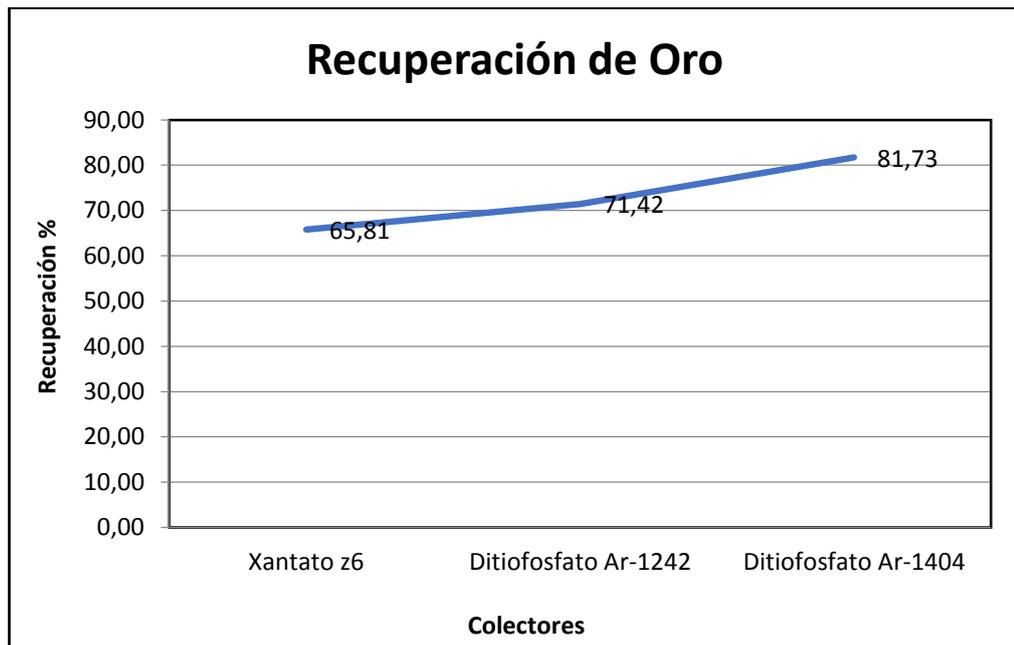


Figura 2.3 Recuperación de cada colector en la malla 100

Tabla 2.8 Promedio de los resultados obtenidos con la malla 200

<b>Colector</b>	<b>Recuperación (%)</b>
Xantato amílico de potasio	63.98
Ditiofosfato AR-1242	61.89
Ditiofosfato AR-1404	67.90



Figura 2.4 Recuperación de cada colector en la malla 200

Una vez obtenido el resumen de recuperación de los 27 ensayos de flotación se procede a demostrar mediante la figura 2.5 que colector obtuvo la mejor recuperación de oro.

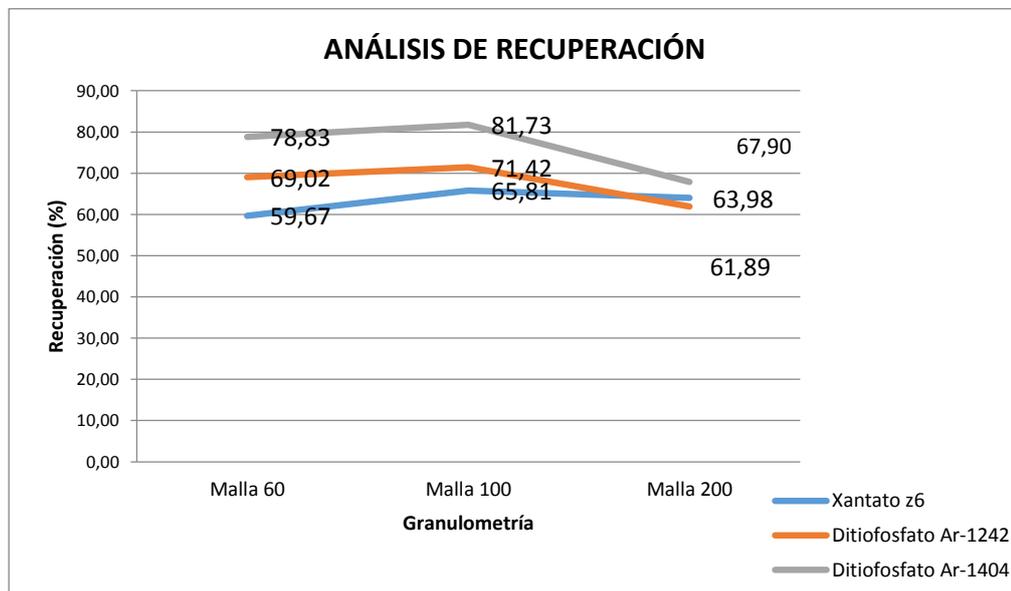


Figura 2.5 Análisis de los resultados de recuperación con los tres colector

En la discusión de los resultados se interpretará los valores porcentuales obtenidos.

## 2.6 Discusión de resultados.

La investigación realizada se centra en analizar que ensayo fue el que obtuvo el mejor resultado, variando en las tres granulometrías diferentes y tres colectores distintos. Determinando la mayor recuperación del mineral a esas características y el resto de variables que también influyen en el proceso, se ha decidido trabajar en una sola cantidad y medida; como:

- Peso de la muestra.
- pH.
- Volumen de agua.
- Espumante.
- Tiempo de flotación.

Con los parámetros ya establecidos y con la muestra que se consiguió de la mina “San Alfonso”, se llegó a determinar que los resultados obtenidos durante cada ensayo y mediante las condiciones previamente establecidas, el colector que mayor recupera en el proceso, es el Ditiofosfato AR-1404 con una recuperación en las distintas granulometrías de:

78.83% malla 60

81.73% malla 100

67.90% malla 200

Seguido del colector Ditiofosfato AR-1242 con recuperación de:

69.02% malla 60

71.42% malla 100

61.89% malla 200

Por último el colector Xantato Amílico de potasio Z6

59.67% malla 60

65.81% malla 100

63.98% malla 200

También se pudo comprobar que el ensayo que alcanzó la mayor recuperación fue al utilizar la muestra que tiene una granulometría pasante de la malla 100, seguido de la malla 60 y por último la malla 200, estableciendo que es recomendable utilizar el colector Ditiofosfato AR-1404 en material pasante de la malla 100, mediante una comparación realizada en las plantas de beneficio se comprobó que dicho colector es el reactivo más utilizado para la recuperación de minerales de mena que contienen oro.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Las muestras minerales, obtenidos de la empresa minera San Alfonso, permitieron desarrollar el análisis para conocer cuál es la mejor combinación de reactivos y granulometría a utilizar y obtener un mejor resultado para una mayor recuperación de los minerales de interés.
- Se realizó el proceso de conminución, previo a la caracterización del material obtenido de la roca madre y procesado por el molino chileno y bayetas cuya granulometría es de malla 60, posteriormente en el laboratorio se efectuó el proceso de reducción del material para obtener los tamaños de malla 100 y 200, lo que permitió el proceso de flotación, para lo cual se combinó el Xantato Amílico de Potasio, Ditiofosfato AR-1404 y Ditiofosfato AR-1242 con las granulometrías 60, 100 y 200.
- Finalmente se llegó a determinar que el Xantato Amílico de Potasio alcanzó las recuperaciones más bajas en toda la experimentación cuya concentración fue de 63,98%, en la malla 200. El colector Ditiofosfato AR-1242, obtuvo una recuperación superior al Xantato amílico de potasio con un valor del 71,42%, manteniendo una concentración superior en la malla 100, el cual da a notar que es la mejor granulometría a utilizar. La mejor recuperación la obtuvo el Ditiofosfato AR-1404 con una granulometría que pasa la malla 100 con el 81.73% de recuperación cuyo peso de concentrado es de 62 gramos y ley de 72.53 g/t, la eficiencia del colector, es gracias a la dosificación que recomienda el fabricante y la granulometría que se trabajó a nivel de laboratorio.
- Como conclusión general, luego de haber obtenido los resultados del experimento, se determinó que la mejor alternativa para la recuperación de los minerales de interés es combinar el Ditiofosfato AR-1404 y la granulometría malla 100.

**Recomendaciones:**

Dentro del trabajo de titulación es importante tener claro que es lo que hace más eficiente el proceso de flotación, debemos analizar las variables que lo conforman y el mineral que se va a tratar, se debe realizar un análisis específico, donde determinaremos sus principales características.

Es importante tener en cuenta ciertas recomendaciones antes de realizar la práctica:

- Previo a depositar el material por los diferentes tamices, se debe comprobar que los mismos se encuentren limpios, es decir sin ningún tipo de material ya que al momento de pesar cada uno de los tamices para los diferentes cálculos reflejarán errores.
- Al momento de terminar con la flotación se debe asegurar que nada quede en el recipiente, ya que, al momento de secar ese material, no brindará un adecuado análisis otorgado por el laboratorio.
- Se recomienda, a la empresa San Alfonso, utilizar el colector Ditiófosfato AR-1404 y la granulometría malla 100, para la recuperación de los minerales, ya que el análisis efectuado evidenció que esta combinación es la más adecuada y permite obtener mejores resultados en la recuperación de minerales por medio de flotación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante R, M. O., Tabón Suárez, C. M., & Naranjo Gómez, D. M. (Octubre de 2012). Estudio de hidrofobicidad de oro nativo. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de Dyna: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49624956008.pdf>
- Bustamante, O. (2007). Concentracion de minerales . Medellin- Colombia . Recuperado el 14 de Junio de 2017
- C.di Yorio, B. C. (2003). Estudio de la flotabilidad de pirita aurífera proveniente de desechos de procesos venezolanos de cianuración . Revista de metalurgia , 323-329.
- Chica, R. A., & Salinas, G. J. (2017). Concentración de sulfuros de mineral de cobre (calcopirita) mediante el proceso de flotación con la variación de pH y tres tipos de colectores. Cuenca Ecuador.
- Cytec. (2002). Manual de Productos Químicos. Estados Unidos.
- Espín, A. (2007). Recuperado el 16 de Junio de 2017, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2767/1/CD-0540.pdf>
- Gomez, D. M. (2012). Flotación directa de oro nativo gruesos, como sustituto de la amalgamación tradicional. Recuperado el 27 de Junio de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7226/1/43469333.2012.pdf>
- Gustavo Neira Arena, L. A. (2007). Procedimiento para medir angulo de contacto en solidos particulados finos. Pereira, Colombia .
- Ingeominas. (2010). Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas auríferas. Bogota.
- Lopez, A. E. (1967). Obtenido de :  
<https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/4871/1/Acci%C3%B3n%20de%20los%20compuestos%20de%20cobre%20como%20agentes%20activadores%20de%20la%20blenda%20en%20flotaci%C3%B3n%20diferencial.pdf>
- Luna, E. A. (2016). Elaboracion de guías prácticas de procesos metalurgicos para el laboratorio de minas de la Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

Recuperado el 13 de Junio de 2017, de dspace:  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6351/1/12519.pdf>

María, D. &. (2012). Flotación directa de oro nativo grueso como sustituto de la amalgamación. En U. N. Colombia. Medellin, Colombia.

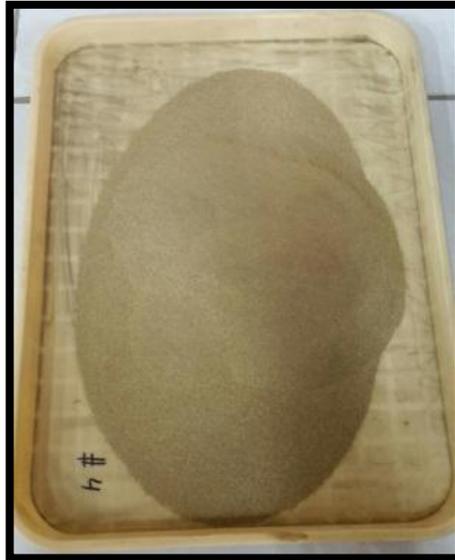
Mendoza, K. J. (12 de 16 de 2017). Universidad Nacional de San Martín . Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/185/B2-M-18310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Renasa. (2017). Reactivos nacionales . Obtenido de [http://www.renasa.com.pe/acerca\\_renasa.asp](http://www.renasa.com.pe/acerca_renasa.asp)

Yianatos, J. (2005). Flotación de minerales.

## ANEXOS

Anexo 1: Material inicial.



Anexo 2: Resultado de análisis de ley de cabeza.



Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 15-07-2017

## REPORTE DE ENSAYOS

00 1073

### RESULTADOS

Nº	CODIGO	Oro g/t
1	LEY DE CABEZA	18.40

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO Jv, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 3: Tamices normalizados ordenados en orden decreciente.



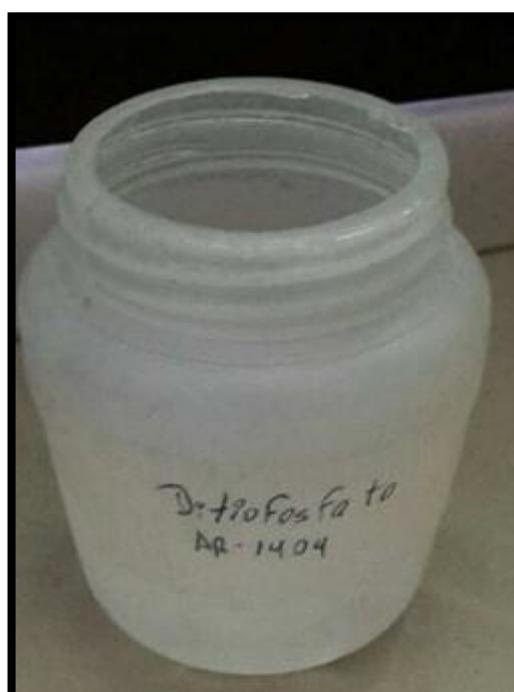
Anexo 4: Celda tipo Danver



Anexo 5: Xantato amílico de potasio



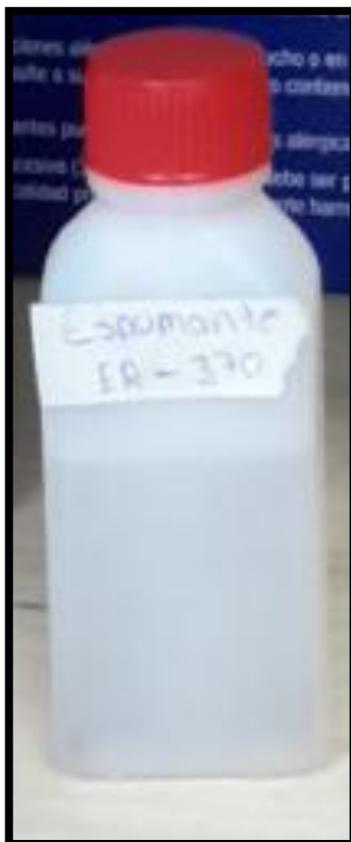
Anexo 6: Ditioposfato AR 1404



Anexo 7: Ditioposfato AR 1242



Anexo 8: Espumante ER-370



Anexo 9: Peso de la muestra.



Anexo 10 reporte 1: Análisis de concentrado del xantato amílico de potasio de la malla 60



**REPORTE DE ENSAYOS**

00 1184

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 22-07-2017

**RESULTADOS**

Nº	CODIGO	Oro g/t
1	Concentrado Z-6 Malla 60	91.06

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lamsa@hotmail.com](mailto:lamsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297 / 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 11 reporte 2: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 60

**REPORTE DE ENSAYOS**

00 1190

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 22-07-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
2	Concentrado Ditiófosfato 1242 Malla 60	60.54

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 12 reporte 3: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 60

**REPORTE DE ENSAYOS**

00 1188

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 22-07-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
3	Concentrado Ditiófosfato 1404 Malla 60	435.62

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 13 reporte 4: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 60



**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2104

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 29-07-2017

**RESULTADOS** +

N°	CODIGO	Oro g/t
4	Concentrado Z-6 Malla 60	100.10

LABORATORIO QUÍMICO METALURGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 14 reporte 5: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 60



**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2110

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 29-07-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
5	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 60	64.86

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALURGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 15 reporte 6: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 60


**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2106

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 29-07-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
6	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 60	419.22

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 16 reporte 7: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio (Z6) de la malla 60


**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2205

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 05-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
7	Concentrado Z-6 Malla 60	102.8

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 17 reporte 8: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 60

**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2212

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 05-08-2017

**RESULTADOS**

Nº	CODIGO	Oro g/t
8	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 60	72.16

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 18 reporte 9: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 60

**REPORTE DE ENSAYOS**

00 2208

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 05-08-2017

**RESULTADOS**

Nº	CODIGO	Oro g/t
9	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 60	301.52

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 19 reporte 10: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100



### REPORTE DE ENSAYOS

00 3023

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 10-08-2017

#### RESULTADOS

N°	CODIGO	Oro g/t
10	Concentrado Z-6 Malla 100	97.59

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [jamsa@hotmail.com](mailto:jamsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 20 reporte 11: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 100



### REPORTE DE ENSAYOS

003025

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 10-08-2017

#### RESULTADOS

N°	CODIGO	Oro g/t
11	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 100	106.97

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [jamsa@hotmail.com](mailto:jamsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 21 reporte 12: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 100

**REPORTE DE ENSAYOS**

003026

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 10-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
12	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 100	70.65

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [ljmsa@hotmail.com](mailto:ljmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 22 reporte 13: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100

**REPORTE DE ENSAYOS**

003059

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 10-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
13	Concentrado Z-6 Malla 100	98.75

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [ljmsa@hotmail.com](mailto:ljmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 23 reporte 14: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 100

**REPORTE DE ENSAYOS**

003062

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 10-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
14	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 100	109.15

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lomsa@hotmail.com](mailto:lomsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 24 reporte 15: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 100

**REPORTE DE ENSAYOS**

003064

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 17-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
15	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 100	73.19

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lomsa@hotmail.com](mailto:lomsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 25 reporte 16: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 100



### REPORTE DE ENSAYOS

003078

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 17-08-2017

#### RESULTADOS

N°	CODIGO	Oro g/t
16	Concentrado Z-6 Malla 100	99.76

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO Jy, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 26 reporte 17: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 100



### REPORTE DE ENSAYOS

003079

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 17-08-2017

#### RESULTADOS

N°	CODIGO	Oro g/t
17	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 100	116.32

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO Jy, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 27 reporte 18: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 100

**REPORTE DE ENSAYOS**

003080

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 17-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
18	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 100	73.77

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 28 reporte 19: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200

**REPORTE DE ENSAYOS**

004019

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 19-07-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
19	Concentrado Z-6 Malla 200	201.68

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 29 reporte 20: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004021

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 19-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
20	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 200	70.12

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lomsa@hotmail.com](mailto:lomsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 30 reporte 21: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004023

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 19-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
21	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 200	55.9

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lomsa@hotmail.com](mailto:lomsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 31 reporte 22: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200



**REPORTE DE ENSAYOS**

004045

Razón Social : **RONALD CUENCA ROMERO**  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
22	Concentrado Z-6 Malla 200	197.58

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO Jy, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lamsa@hotmail.com](mailto:lamsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

Anexo 32 reporte 23: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1242 de la malla 200



**REPORTE DE ENSAYOS**

004046

Razón Social : **RONALD CUENCA ROMERO**  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
23	Concentrado Ditiófosfato 1242 Malla 200	66.42

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO Jy, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lamsa@hotmail.com](mailto:lamsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 33 reporte 24: Análisis de concentrado Ditiófosfato AR-1404 de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004047

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
24	Concentrado Ditiófosfato 1404 Malla 200	56.5

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297 / 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 34 reporte 25: Análisis de concentrado Xantato amílico de potasio de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004051

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
25	Concentrado Z-6 Malla 200	200.96

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache – PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lgmsa@hotmail.com](mailto:lgmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297 / 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 35 reporte 26: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1242 de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004052

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
26	Concentrado Ditiofosfato 1242 Malla 200	70.64

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 36 reporte 27: Análisis de concentrado Ditiofosfato AR-1404 de la malla 200


**REPORTE DE ENSAYOS**

004053

Razón Social : RONALD CUENCA ROMERO  
 Orden de Ensayo : Oro  
 Fecha de Reporte : 24-08-2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	Oro g/t
27	Concentrado Ditiofosfato 1404 Malla 200	59.6

Los resultados de oro y plata son analizados por el método de ensayo al fuego (Fire Assay).  
 Los resultados de cobre, plomo, zinc, arsénico son analizados por absorción atómica.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO JV, DIRECCION: El Pache - PORTOVELO  
 RUC: 1751515022001 E-mail: [lqmsa@hotmail.com](mailto:lqmsa@hotmail.com), Teléfono: 2 948297/ 0991478402

Fuente: Laboratorio JV (El Pache Portovelo).

## Anexo 37: Experimento 1

<b>Granulometría malla 60</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml
Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	31.2 g	55 g	9 g
Peso de las colas	262.8 g	237.6 g	286.5 g

Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml
-----------------	--------	--------	--------

Concentrado oro	91.06 g/t	60.54 g/t	435.62 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	51.47 %	61.41 %	71.02 %

<b>Granulometría malla 60</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml

Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	34.3 g	60 g	11 g
Peso de las colas	263.7 g	238.5 g	287 g
Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml

Concentrado oro	100.10 g/t	64.86 g/t	419.22 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	<b>62.19 %</b>	<b>70.5 %</b>	<b>83.54 %</b>

<b>Granulometría malla 60</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml
Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	35.1 g	57.5 g	15 g
Peso de las colas	263.8 g	240.4 g	280 g

Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml
Concentrado oro	102.8 g/t	72.16 g/t	301.52 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	65.36 %	75.16 %	81.93 %

El resumen de promedio de todos los datos obtenidos con cada colector en la malla 60. (Ver tabla 2.6)

## Anexo 38: Experimento 2

<b>Granulometría malla 100</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#10</b>	<b>#11</b>	<b>#12</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml
Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	36 g	34.3 g	60 g
Peso de las colas	258.9 g	262.5 g	237.6 g

Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml
-----------------	--------	--------	--------

Concentrado Oro	97.59 g/t	106.97 g/t	70.65 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	63.64 %	66.47 %	76.79 %

<b>Granulometría malla 100</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#13</b>	<b>#14</b>	<b>#15</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml

Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	36.8 g	35 g	63 g
Peso de las colas	259.5 g	263.5 g	227.6 g
Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml

Concentrado de oro	98.75 g/t	109.15 g/t	73.19 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	65.83 %	69.20 %	83.53 %

<b>Granulometría malla 100</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#16</b>	<b>#17</b>	<b>#18</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml
Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	37.6 g	37.3 g	63.5 g
Peso de las colas	258.4 g	261.3 g	234.6 g

Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml
Concentrado de oro	99.76 g/t	116.32 g/t	73.77 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	67.95 %	78.60 %	84.86 %

El resumen de promedio de todos los datos obtenidos con cada colector en la malla 100. (Ver tabla 2.7)

## Anexo 39: Experimento 3

<b>Granulometría que pasa la malla 200</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#19</b>	<b>#20</b>	<b>#21</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml
Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	17.5 g	48 g	63.4 g
Peso de las colas	279.8 g	244.1 g	229.6 g

Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml
-----------------	--------	--------	--------

Concentrado oro	201.68 g/t	70.12 g/t	55.9 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	63.93 %	60.97 %	64.20 %

<b>Granulometría que pasa la malla 200</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#22</b>	<b>#23</b>	<b>#24</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404
Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml

Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	19 g	51 g	65 g
Peso de las colas	280 g	245.3 g	230.7 g
Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml

Concentrado Au	197.58 g/t	66.42 g/t	56.5 g/t
Concentrado de oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	68 %	61.36 %	66.53 %

<b>Granulometría que pasa la malla 200</b>			
<b>Orden de flotación</b>	<b>#25</b>	<b>#26</b>	<b>#27</b>
Colector	Xantato amílico de potasio	Ditiofosfato AR-1242	Ditiofosfato AR-1404

Peso de la muestra	300 g	300 g	300 g
pH	7	7	7
Dosis de colector	0.15 ml	0.20 ml	0.22 ml
Espumante	ER-370	ER-370	ER-370
Dosis de espumante	0.009 ml	0.009 ml	0.009 ml

Tiempo de acondicionamiento	10 min.	10 min.	10 min.
Tiempo de retención	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de flotación	15 min	15 min	15 min
Peso del concentrado	16.5 g	49.5 g	67.6 g
Peso de las colas	279.6 g	246.6 g	229.7 g
Volumen de agua	900 ml	900 ml	900 ml

Concentrado de oro	200.96 g/t	70.64 g/t	59.6 g/t
Concentrado oro en la alimentación	18.4 g/t	18.4 g/t	18.4 g/t
Recuperación de oro	60 %	63.34 %	72.98 %

El resumen de promedio de todos los datos obtenidos con cada colector en la malla 200. (Ver tabla 2.8)