



# **Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

Porcentaje de malla para obtener mayor recuperación en zinc  
en un laboratorio metalúrgico

## **Tesis**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

## **Autores**

Juan Adolfo Francia Huayac  
Oscar Alfredo Jaramillo Rodríguez

## **Asesor**

M(o). Jaime Iman Mendoza

Huacho - Perú  
2025



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

### INFORMACIÓN

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Juan Adolfo Francia Huayac	71858583	16/12/2024
Oscar Alfredo Jaramillo Rodriguez	47645512	16/12/2024
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
M (O). Jaime Iman Mendoza	40936175	0000-0001-6232-0884
<b>DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Máximo Tomas Salcedo Meza	15602588	0000-0002-6190-3794
Alberto Irhaam Sánchez Guzmán	15758117	0000-0003-1575-8466
Víctor Raúl Coca Ramírez	15601160	0000-0002-2287-7060

## Porcentaje de malla para obtener mayor recuperación en zinc en un laboratorio metalúrgico

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	4%
2	1library.co Fuente de Internet	2%
3	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%

## **TESIS**

**“Porcentaje de Malla para Obtener Mayor Recuperación en Zinc en un Laboratorio Metalúrgico”**

### **JURADO EVALUADOR**



**M(o) Jaime Iman Mendoza**

**ASESOR**



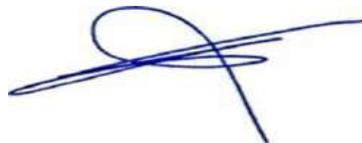
**Dr. Salcedo Meza, Máximo Tomas**

**PRESIDENTE JURADO**



**Dr. Sanchez Guzman, Alberto Irhaam**

**SECRETARIO JURADO**



**Dr. Coca Ramirez, Victor Raul**

**VOCAL JURADO**

## **DEDICATORIA**

Principalmente, a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, a nuestros padres que con todo su amor y cariño, que me brindan su apoyo constante para que podamos ser un buen profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo se le agradece al Jefe de Planta Concentradora de la referida empresa por la oportunidad que me brindo y la asesoría de la tesis, a nuestros padres que lucharon tanto para que podamos salir adelante, cumplimos nuestras metas y sueños.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b>	<b>10</b>
<b>1.2.1 Problema general</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Viabilidad del estudio</b>	<b>12</b>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Definición de términos básicos</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Hipótesis de investigación</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1 Hipótesis general</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2 Hipótesis específicas</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Operacionalización de las variables</b>	<b>26</b>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

<b>3.1 Diseño metodológico</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Población y muestra</b>	<b>28</b>

<b>3.2.1 Población</b>	28
<b>3.2.2 Muestra</b>	28
<b>3.3 Técnicas de recolección de datos</b>	28
<b>3.4 Técnicas para el procesamiento de la información</b>	29
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS</b>	
<b>4.1 Análisis de resultados</b>	30
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>DISCUSIÓN</b>	
<b>5.1 Discusión de resultados</b>	41
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
<b>6.1 Conclusiones</b>	44
<b>6.2 Recomendaciones</b>	45
<b>REFERENCIAS</b>	<b>46</b>
<b>7.1 Fuentes bibliográficas</b>	46
<b>7.2 ANEXOS</b>	<b>47</b>

## **RESUMEN**

Objetivo: En el presente trabajo de investigación tiene por objetivo, evaluar, comparar y seleccionar las pruebas metalúrgicas realizadas en laboratorio metalúrgico donde tiene como base la recuperación de zinc en función al grado de molienda mediante flotación selectiva de Zinc en AF Copper s.a.c, a nivel experimental, es una investigación experimental, comparativa donde se aplicara técnicas y métodos para controlar, mejorar y evaluar los resultados, donde se desea compara mediante 05 pruebas de Flotación, a diferentes grados de molienda, 55, 58, 60, 62 y 65% - malla 200, se usaron 1000 g para cada prueba, donde se evaluaron todos mediante las mismas condiciones y dosificaciones en Flotación, 500 g/t de sulfato de cobre, 300 g/t de Z-6 , 20 g/t de D-250, 80 g/t de sulfuro de sodio trabajando a un pH de 12, con una ley de cabeza 7.81% de Zinc, se obtuvieron los siguientes: bajo una malla de 55% - 200M, 84.39% de recuperación, bajo una malla de 58% -200M, fue de 88.85%, bajo una malla de 60% -200M, 86.87%, la prueba N°4 bajo malla de 62% -200M, fue de 91.06% mientras que la última prueba a 65% -200M, fue de 90.06%.

Después de evaluar los resultados en laboratorio metalúrgico, podemos determinar que la bajo una malla de 62% -malla 200 obtenemos la mayo recuperación de Planta Concentrado, tanto que hace que la Planta concentradora sea rentable en función a costos, personal y ganancias.

Palabras claves: Metalúrgica, flotación, parámetros de flotación, pruebas de flotación, investigación experimental, ph, pruebas metalúrgicas, mallas.

## ABSTRACT

In the present research work, the objective is to evaluate, compare and select the metallurgical tests carried out in the metallurgical laboratory where the recovery of zinc is based on the degree of grinding by means of selective Zinc flotation in AF Copper s.a.c, at an experimental level, It is an experimental, comparative investigation where techniques and methods will be applied to control, improve and evaluate the results, where it is desired to compare through 05 Flotation tests, at different degrees of grinding, 55, 58, 60, 62 and 65% - 200 mesh , 1000 g were used for each test, where they were all evaluated using the same conditions and dosages in Flotation, 500 g/t of copper sulfate, 300 g/t of Z-6, 20 g/t of D-250, 80 g/t of sodium sulfide working at a pH of 12, with a head grade of 7.81% Zinc, the following were obtained: under a 55% mesh - 200M, 84.39% recovery, under a 58% mesh - 200M, was 88.85%, under a mesh of 60% -2 00M, 86.87%, test N°4 under 62% -200M mesh, was 91.06% while the last test at 65% -200M, was 90.06%.

After evaluating the results in the metallurgical laboratory, we can determine that under a mesh of 62% -200 mesh we obtain the highest recovery of the Concentrate Plant, so much so that it makes the Concentrator Plant profitable in terms of costs, personnel and profits.

**Keywords:** Metallurgical, flotation, flotation parameters, flotation tests, experimental research, ph, metallurgical tests, screens.

## **INTRODUCCIÓN**

La presente tesis se refiere al tema de la investigación experimental por medio de pruebas metalúrgicas, las cuales fueron realizadas en laboratorio metalúrgico donde tiene como base la recuperación de zinc en función al grado de molienda mediante flotación selectiva de Zinc en AF Copper s.a.c,

La característica principal de este proceso es el uso de pesos y medidas a nivel de laboratorio.

Para lograr dicha investigación es necesario mencionar sus causas, una de ellas es el efecto de grado de liberación del zinc para la flotación. El cual se entiende como obtener la mejor calidad del mineral en partícula.

Para lo cual realizaremos muchas pruebas y las cuales se detallaran en los siguientes párrafos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

Las actividades de todo proyecto están basadas en los estudios del comportamiento de los minerales por ello es necesario realizar en primer lugar las pruebas a nivel de laboratorio, para poder analizar y comparar cuál de los procesos es el más adecuado para aplicar a nivel industrial por ello es necesario que la empresa AF Copper S A C en su proyecto para reinicio de operaciones se realizara los estudios correspondientes con la finalidad de buscar los parámetros de operaciones como es el tiempo de residencia, liberación, dosificación de reactivos, consumo, proceso, etc. Con ello se tendrá los datos necesarios para el diseño del proceso industrial que nos permita una recuperación de los valores necesarios requeridos.

Por ello se busca y se plantea el problema en busca de las respuestas para la flotación de zinc, planteándose el problema como se describe en el problema general, para el presente estudio.

### 1.2 Formulación del problema

#### 1.2.1 Problema general

¿Efecto del porcentaje malla de minerales para la concentración de zinc por flotación en la planta concentradora ?

#### 1.2.2 Problemas específicos

¿En qué medida el Efecto del porcentaje malla influirá en la recuperación de zinc?

¿Qué parámetros operativos son los indicados para la flotación de zinc?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el tratamiento por flotación de zinc según el grado de malla y su grado de molienda a nivel experimental.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el grado de liberación de zinc a nivel experimental.
- Evaluar los parámetros obtenidos en la investigación y proponer las mejoras para la optimización de planta concentradora a nivel experimental.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Al llevar a cabo esta investigación se podrá entender que el grado de liberación en la flotación a nivel experimental, nos permitirá encontrar los parámetros de investigación, para mejorar la recuperación de zinc y poder aplicar a nivel industrial si es rentable económicamente.

### **1.5 Delimitaciones del estudio**

#### **Delimitación Territorial.**

Departamento : Tacna  
Provincia : Tacna  
Distrito : Miculla  
Empresa : AF Copper S A C

#### **Delimitación Tiempo y Espacio.**

La investigación se realizará en la empresa AF Copper S A C, durante el periodo de 2022.

### **Delimitación de Recursos.**

Falta de disponibilidad de recursos económicos para llevar a cabo el trabajo de investigación.

### **1.6 Viabilidad del estudio**

Para realizar el presente trabajo de investigación es viable, por en cuanto se tiene los conocimientos teóricos, los medios técnicos, técnicas y los recursos económicos necesarios. Así mismo, está asegurado el acceso a lugares de las fuentes de la información requeridas; también se cuenta con la autorización correspondiente del jefe de planta concentradora, a efectos de llevar a cabo el correspondiente trabajo de campo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales.**

Para (ECHAUDIS CHAVEZ Evelyn Xiomara) en su trabajo de investigación, determinación del tamaño de partícula en molienda para la concentración por flotación de sulfuro de plomo a partir de un mineral polimetálico: Planta Concentradora Huari concluye que,

Después de haber efectuado la caracterización química del mineral polimetálico se observa que la concentración mayor es de plomo (Pb) con 2.23% y zinc (Zn) con 2.47%.

Como se observa en los resultados obtenidos, se determinó que la granulometría más adecuada para la recuperación óptima de plomo del mineral polimetálico es de 67.60% de mineral acumulado pasante Ac (-) tal como se ve en la figura 27, donde la malla de referencia es de -100. y el tiempo adecuado de molienda es de 16 minutos, cuyos datos deben tenerse en cuenta al momento de diseñar los equipos industriales de producción continua del plomo a partir de la galena.

Como ya lo mencionamos líneas arriba el tamaño de partícula óptima para una buena recuperación de plomo por flotación es que después de la molienda el mineral pase por la malla -100, siendo este el control indispensable para su mejor proceso de flotación.

(ECHAUDIS CHAVEZ Evelyn Xiomara, 2017, pág. 67)

En su trabajo (Vargas, 2016) sobre, “influencia del grado de molienda y pH en el porcentaje de recuperación de cobre por flotación de mineral tipo sulfuro, conchucos, Pallasca, ancash.”, llego a la conclusión.

Se estudió la influencia del grado de molienda y pH en el porcentaje de recuperación de cobre por flotación de mineral tipo sulfuro, Conchucos, Pallasca, Ancash. El estudio experimental se realizó en una celda de flotación de laboratorio, modelo Denver D-12, utilizando mineral con diferentes granulometrías a 55, 60 y 65 % -200 mallas con una ley de 7.8 % de cobre. El resultado del estudio de la flotación concluyó que la recuperación de cobre a pH de 8.5 y 55 % -m200 fue de 71.334% y a medida que ambas variables aumentaban, las recuperaciones también aumentaban, es así que se llegó obtener una recuperación de 86.667 % a pH 11.5 y 65 % - 200 mallas Los resultados son confirmados mediante análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%. De esto se concluye que la recuperación de cobre por la influencia del pH es de  $F_0=154446.964$  es mayor al  $F_{0.05;2;18}= 3.55$ , y la influencia de la granulometría es de  $F_0=12530.2433$  es mayor al  $F_{0.05;2;18}= 3.55$  y con la influencia del pH y la granulometría es de  $F_0=1359.48974$  es mayor al  $F_{0.05;4;18}= 2.93$ , obtenido de manera tabular. Esto confirma la aceptación de la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de pH y granulometría de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de cobre (Vargas, 2016, pág. 7).

Para (Chamorro, 2005) sobre, optimización del proceso de flotación de concentrado de zinc en la compañía minera “Yauliyacu” S.A mediante diseño experimentales, concluye,

Por medio de los diseños experimentales se ha evaluado con facilidad y bajo costo los parámetros que influyen en el proceso de flotación de zinc; y en la etapa de optimización, determinamos las dosificaciones optimas de  $CuSO_4$  produciendo un ahorro de consumo de  $CuSO_4$  y mejoramos la calidad del zinc.

La utilización de software estadístico Statgraphic Plus Version 4.1 utilizada para realizar el análisis de datos a fin de evaluar, interpretar y optimizar las variables en estudio, es adecuada para aplicaciones de diseños experimentales en la investigación del proceso metalúrgico de flotación y de gran ayuda por la rapidez de obtener los resultados.

Con las variables más trascendentales en la flotación de zinc es la dosificación de  $\text{CuSO}_4$  y el control de alcalinidad de la pulpa para que pueda flotar el zinc (pH), los cuales corresponden a los óptimos y produce una total activación del zinc presente en la muestra que se flota y el pH adecuado será favorable para soltar las espumas y facilitar su evacuación. (Chamorro, 2005, pág. 77)

### **2.1.2. Antecedentes internacionales.**

En su investigación (SAMANEZ, 2017) sobre, Caracterización y evaluación de pruebas metalúrgicas de flotación de un mineral complejo polimetálico del distrito de Palca, concluye que, La determinación del análisis químico de la muestra del Composito General indicó: 0.95 % de plomo, 0.27 % de cobre, 3.13 % de zinc y 72.8 g/t de plata, cuyas leyes están relacionadas a la presencia de galena y geocronita para el caso del plomo; calcopirita, cobre grises y secundarios para el caso del cobre; esfalerita para el caso de zinc y para el caso de la plata se presenta en asociaciones mineralógicas con los minerales de cobre y plomo.

Las mejores condiciones para la flotación rougher en el circuito bulk CuPb se logra a un P80 de  $100\mu\text{m}$ ; con una dosificación de 100g/t de NaCN y 400g/t de  $\text{ZnSO}_4$  en la etapa de molienda, 12g/t de Z-11 y 20 g/t de MIBC, a un pH de 8.5 por 6 minutos.

Para la limpieza del concentrado bulk Cu-Pb se realizó una etapa de remolienda a un P80 de  $35\mu\text{m}$  y se dosificó 200g/t de  $\text{ZnSO}_4$  y 20g/t de NaCN para 3 etapas de limpieza llevadas a un pH de 9.

Las mejores condiciones para la flotación rougher del circuito zinc correspondió a una dosificación de 110g/t de CuSO<sub>4</sub>, 7g/t de Z-11 a pH un de 11 por 8 minutos.

Para la limpieza del concentrado rougher de zinc se realizó una etapa de remolienda a P80 de 45µm a pH de 11.5.

Los resultados finales de la prueba de ciclo cerrado indican recuperaciones finales de plomo, cobre y plata de 86%, 66% y 73% respectivamente en el concentrado bulk Cu-Pb, con leyes de 37.73% en plomo, 7.65% en cobre y 2495g/t en plata.

El contenido de arsénico en el concentrado bulk Cu-Pb es alto con 2.43%, el cual se incrementó a 8.44% de As y 5.99% de antimonio en el 122 concentrado final de cobre luego de la separación Cu-Pb debido a la alta cantidad de cobres grises presente en la muestra.

En el concentrado zinc la recuperación final alcanzó el 87.78% con ley de 56% de zinc y ley de plata de 203 g/t y poca presencia de contaminantes como hierro y arsénico.

Las mejores condiciones con lo que se realizó la separación Cu-Pb del concentrado bulk Cu-Pb fue con una dosificación de 233.33g/t de carbón activado, 60g/t de la mezcla BCS, 10g/t de colector AP 5100 a pH natural por un tiempo de 7 minutos. En la separación Cu-Pb se obtiene una calidad de concentrado de cobre de 25.55 % y una calidad de concentrado de plomo de 54.27 (SAMANEZ, 2017, págs. 2,3).

En su investigación sobre (CANALES, 2013), Flotación selectiva de minerales sulfuros de plomo-zinc en presencia de reactivos naturales del tipo quebracho, concluye que,

La flotación por espuma es el principal proceso que existe en la concentración de minerales, la cual presenta una alta selectividad y se utiliza para llevar a cabo separaciones de minerales metálicos complejos tales como plomo-zinc, cobre-zinc y de los minerales no metálicos tales como barita- feldespato, fluorita- calcita, etc. Un sulfuro mineral complejo de plomo-zinc está constituido por varios compuestos como son:

Galena(PbS), Esfalerita (ZnS) y Cuarzo (SiO<sub>2</sub>), de los cuales los valores son flotados, deprimiéndose los estériles como es el caso del cuarzo y separados selectivamente vía flotación la galena y esfalerita para así obtener estos dos productos con altas leyes y altas recuperaciones. En la flotación selectiva existe una etapa en donde se adiciona un reactivo llamado depresor el cual actúa en contra de uno o varios compuestos evitando que estos floten. A nivel industrial se utilizan como reactivos depresores la cal, sulfitos y cianuro de sodio, sin embargo, en la actualidad se requiere de procesar a dichos minerales a través de reactivos “limpios” (que no contaminen la naturaleza). El Quebracho, reactivo empleado como modificador de superficies minerales, ha sido estudiado muy poco, habiendo en la literatura escasas publicaciones de su uso. Este reactivo presenta ventajas adicionales por ser no tóxico además de ser efectivo en niveles de pH cercanos a los de flotación, con satisfactoria selectividad en comparación a la cal y cianuro, también cumple con la necesidad de evitar impactos ambientales negativos. En México no se han realizado investigaciones y aplicaciones con este tipo de reactivo dado que la materia prima tiene su fuente principal de producción en América del Sur. Por lo anteriormente expuesto el presente trabajo pretende encontrar las condiciones de flotación y depresión idóneas para separar menas complejas de plomo-zinc mediante el uso de reactivos naturales como son los del tipo quebracho. Los resultados de esta tesis se obtuvieron de un circuito primario de flotación selectiva de plomo utilizando xantato etílico de potasio y quebracho para obtener un concentrado de plomo con una ley de 20.82 % y una recuperación de 80.84% y un circuito de flotación de zinc utilizando sulfato de cobre para obtener un concentrado de zinc con una ley de 10.69% y una recuperación de 78.56%. También en esta tesis se muestra que es factible utilizar al quebracho colorado como reactivo depresor del zinc a una concentración de 20 mg/L en un circuito de flotación selectiva de Pb-Zn, teniendo como principal ventaja que este reactivo es natural biodegradable, no es tóxico y es amigable con el medio ambiente (CANALES, 2013, pág. 9).

En su investigación sobre (HERNÁNDEZ, 2015), Flotación selectiva de minerales sulfuros de plomo-zinc en presencia de reactivos naturales del tipo quebracho, concluye que,

En esta investigación metalúrgica se trabajó con una mena de cobre tipo pórfido que contiene 11.4% de minerales de óxidos de cobre por lo que se considera de difícil tratamiento. Se plantearon alternativas válidas técnicamente en lo que se refiere a reactivos de flotación para optimizar la calidad y recuperación de cobre y molibdeno en el concentrado primario. Se realizaron 53 pruebas de flotación primaria de las cuales 22 de ellas fueron tipo cinética y el resto con un solo concentrado primario. Estas últimas se utilizaron para evaluar diversas combinaciones de productos y las cinéticas para confirmar detalladamente los resultados alcanzados. El común denominador de las mejores pruebas fue el uso de modificador de superficie T-609 y el colector de óxidos RO2 juntos y adicionales a los colectores que ya usan para el procesamiento de esta mena (prueba 45). Otorgando de manera comprobada hasta 2.8 unidades porcentuales más de recuperación de cobre y 7 de molibdeno. La máxima recuperación de cobre (90.33 %), se alcanzó usando XIPS-STD, T-1004, diésel, M-91 más RO2 se maximizó la recuperación y el grado de cobre al mismo tiempo en el concentrado primario (HERNÁNDEZ, 2015, pág. 6).

## **2.1 Bases teóricas**

### **2.2.1. Flotación y sus fundamentos.**

La flotación es un proceso físico químico, de separación donde interviene tres componentes importantes sólido, líquido y gas, para que existe una separación por flotación existe elemento o minerales que por su propiedades se clasifican en hidrofóbicos e hidrofílicos, los componentes hidrofóbicos son atraídos por las burbujas de los gases y evacuado a la parte superior, mientras que los hidrofílicos son atraídos por el agua y son enviado a la parte inferior del reactor o celda de flotación de separación por lo que esto se puede ser fundamento por (Yianatos, 2005) definiendo que,

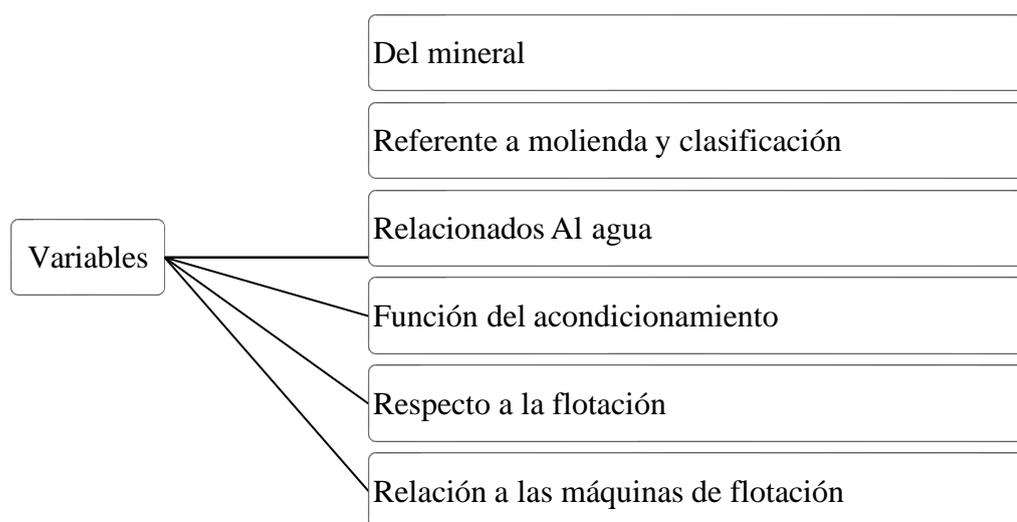
El proceso de flotación se basa en la interacción entre las burbujas de aire y las partículas de sólido presentes en la pulpa. La eficiencia que tienen las burbujas para atrapar en forma selectiva las partículas de mineral y luego ascender cargadas hasta el rebalse, depende de múltiples fenómenos que ocurren en la pulpa. Principalmente, diferencias en las propiedades físico-químicas superficiales de las partículas. Mediante el uso de reactivos estas diferencias se acentúan y permiten la captura preferencial de algunas partículas, que son colectadas y transportadas por las burbujas de aire. (Yamashiro, 2012, pág. 4)

En la flotación intervienen en forma macro agitación, reactivos, el mineral, agua, gas, tiempo, densidad de pulpa, etc. Conocido como variables intervinientes en los procesos de concentración de las menas de interés que satisfaga los objetivos que de estudio.

### **Variables del proceso de flotación.**

Referente a las variables o condiciones que están involucrado en el proceso de separación de las menas de interés por el proceso de flotación, desde su inicio de la flotación se ha establecido superior a 32 variables de acuerdo los diferentes autores, pero se puede clasificar de acuerdo a (Azuñero, 2015) clasifica en,

**Figura 1** Variables del proceso de flotación



**Nota: Fuente** (Azuñero, 2015, págs. 109-110)

En función de la calificación se verá específicamente referente a las variables de flotación, que concierne el tema de estudio.

Las variables respecto a la flotación se clasifican en los siguientes como se describe a continuación (Azuñero, 2015, pág. 110).

Densidad de pulpa y porcentaje de sólidos

- pH
- Tiempo de flotación
- Nivel de espuma
- Carga circulante
- Granulometría
- Grado y tipo de aireación
- Temperatura de la pulpa
- Dosificación de reactivos

## **Reactivos de flotación**

Los reactivos son compuestos inorgánicos y orgánicos que intervienen en el proceso de flotación, actuando como colectores, modificadores, espumantes, etc. Que permite dar las condiciones adecuadas para una separación óptima por flotación de las menas de interés y la depresión de los minerales que no tiene valor relave para cada caso del proceso.

La clasificación de los reactivos en el proceso de flotación es lo siguiente (Sutulov):

Los colectores: Función principal es la de proporcionar propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales.

Los modificadores: Permite la regulación de las condiciones de funcionamiento de los colectores y aumenta su selectividad.

Los espumantes: Permite la formación de una espuma estable, de tamaño de burbujas apropiado para llevar los minerales al concentrado.

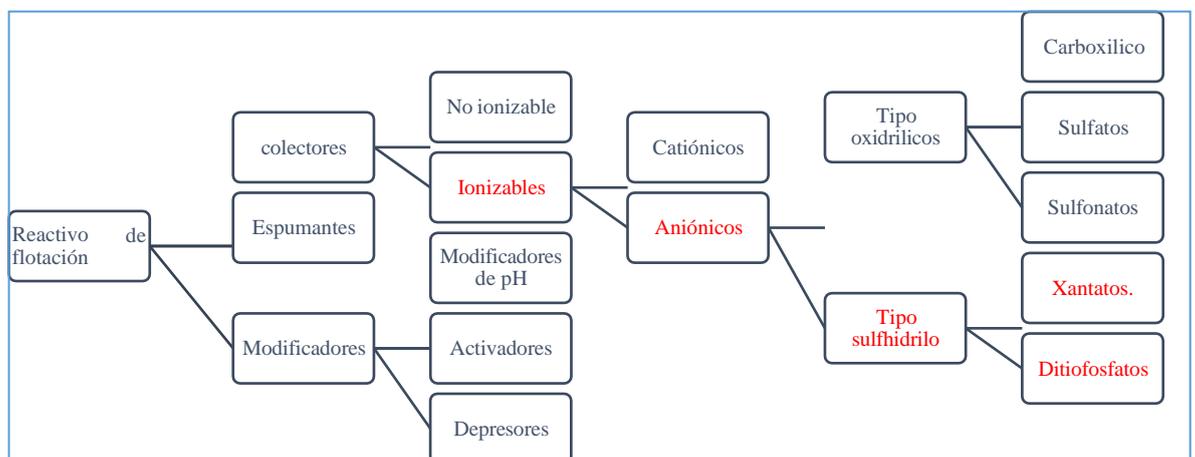
Los colectores son compuestos de carácter heteropolar su grupo polar es la parte activa que los une a la superficie del mineral en base a la adsorción (química o física), mientras que los modificadores crean condiciones favorables en la superficie de los minerales para el funcionamiento selectivo de los colectores y los espumantes son reactivos tensoactivos de carácter heteropolar, que se adsorben selectivamente en la interfase gas-líquido para formar una espuma estable (Sutulov, 1963, pág. 68).

Por lo que los reactivos son fundamentales para una flotación efectiva de las menas sulfuradas o óxidos de interés, cumpliendo un rol fundamental en las modificaciones de las superficies del mineral en el proceso de acondicionamiento.

### Clasificación de los reactivos de flotación.

Los reactivos en base de sus funciones en el proceso de flotación se dividen en función específica que desempeñan:

**Figura 2 Clasificación de los reactivos de flotación**



**Nota:** Fuente elaborado en función de la información (Azuñero, 2015, págs. 70-71)

En función de la clasificación describiremos algunos reactivos que se usaran en el proceso de flotación de minerales de oro y plata.

#### a. Colectores.

Los colectores usados se tienen los siguiente:

- **Xantato:** “Usados para la flotación de minerales sulfuros, son sales sódicas o potásicas del ácido xánticos, tiene un poder colector en un pH de 8 – 13” (Azuñero, 2015, págs. 72,75). Se usa generalmente en 5 a 100 g/TM en forma soluble al 10% (Sutulov, 1963, pág. 73)
  - ✓ **Xantato isopropílico de sodio ( Z-11).** “Aplicado para todos los minerales sulfurados, Cu, Pb, Zn, y minerales complejos como Pb-Zn, Cu-Fe, Cu-Zn, pirita, arsenopirita, pirrotita, también se usa para la colección del cobre, plata y oro nativo” (Azuñero, 2015, pág. 76).
  - ✓ **Xantato amílico de potasio ( Z-6).** Es el colector mas potente y no selectivo para minerales sulfuros, apropiado para sulfuros parcialmente oxidados, conveniente para minerales de plomo cobre después de la sulfurización y como colector secundario en la sección scavenger (Azuñero, 2015, pág. 76).
  
- **Ditiofosfatos.** “Son sales secundarias del ácido ditiofosforicos, solubles en agua, afectando por depresores en mayor grado. Los ditiofosfatos o promotores aerofloats, son colectores aplicables a pH <8, son menos susceptibles a la hidrolisis, permite usar en medio ligeramente acida” (Azuñero, 2015, págs. 77-78).
  - ✓ A - 25: Forma ácida. Bueno para Ag, Pb, Cu y sulfuros de Zn activados (Day, 2002, pág. 118).
  - ✓ A- 31: Basado en el promotor A-25, contiene además un colector secundario para mejorar la flotación de la plata. Ampliamente usado para la flotación de minerales Pb/Zn y Cu/Pb desde minerales Cu/Pb/Zn. Mejora la recuperación de Ag de esos minerales (Day, 2002, pág. 118).

- ✓ A-208: (R=etilo + secbutilo). Colector selectivo para minerales de cobre. Excelente colector para Ag, Cu y Au nativo (Day, 2002, pág. 121).
- ✓ A-238: (R= secbutilo). Ampliamente usado en la flotación de Cu y para aumentar la recuperación de Au como subproducto. Combina una buena fuerza colectora con una buena selectividad frente a sulfuros de hierro (Day, 2002, pág. 121).
- ✓ A-404: Ampliamente usado para la flotación de minerales Cu alterados y secundarios, minerales Zn y Pb alterados y metales preciosos en circuitos alcalinos. Excelente colector para la pirita y pirita aurífera en circuitos ácidos y neutros (Day, 2002, pág. 125).

#### **b. Espumantes.**

Los espumantes son sustancias que permite dar estabilidad a las espumas y el tamaño adecuado, los espumantes que se emplearan se describe a continuación:

- F-70: Es un alcohol de bajo peso molecular, cuando la selectividad en la alimentación contiene porcentaje de finos más alto que lo normal. Se usa en la flotación de carbón, sulfuro de plomo, grafito y flotación neutros y levemente alcalinos (Day, 2002, pág. 133).
- MIBC (metil isobutil carbonil): Usa en la flotación de minerales sulfuros de cobre, molibdeno, zinc y plomo, en minerales no metálicos, en la flotación de oro y plata (Azuñero, 2015, pág. 88).

#### **c. Modificadores.**

Permite modificar la superficie del mineral para la adsorción o desorción de un determinado reactivo sobre ella, creando en la pulpa las condiciones adecuadas para realizar una óptima flotación.

- ✓ **Activadores:** Son sustancias que permite que las partículas sean hidrofóbicas, para aumentar su flotabilidad, entre ellos tenemos:

- ✓ Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ): Se usa en el circuito de zinc para activar el zinc.
- ✓ Nitrato de plomo: de sulfuro de antimonio y cloruro de sodio.
- ✓ Sulfuro de sodio: permite sulfurizar minerales parcialmente o totalmente oxidado de plomo, cobre, zinc y etc.
  
- ✓ **Depresores:** Hidrofilizan la superficie del mineral e impide su flotación. Entre los depresores podemos mencionar:
  - ✓ Cianuro de sodio: Depresor de los sulfuros pirita, pirrotita, marcasita, arsenopirita, esfalerita y en menor grado la calcopirita, enargita, tec.
  - ✓ Sulfato de zinc: Deprime minerales de zinc con la combinación del cianuro de sodio.
  - ✓ Sulfito, bisulfito de sodio: Depresor de pirita y esfalerita en la flotación diferencial de plomo cobre.
  
- ✓ **Modificadores de pH:** Permite modificar las el pH, entre los modificadores de pH tenemos:
  - ✓ Básico: Cal ( $\text{CaO}$ ), Carbonato de sodio, Hidróxido de sodio, etc.
  - ✓ Acido: Ácido sulfúrico.
  - ✓ Dispersantes: Silicato de sodio.

## 2.2 Definición de términos básicos

- a. **Cabeza Mineral:** Muestra inicial que va a ingresar a un proceso metalúrgico mayormente proviene en la faja de los molinos primarios.
- b. **Flotación:** Es la separación del mineral valioso de la ganga.
- c. **pH:** La concentración del ion hidrogeno presente en una disolución, o coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

- d. **granulometría:** Tamaño de partícula de un determinado de mineral representado por número de mallas o micras de acuerdo las normas.
- e. **Mena:** Compuesto de elementos mineralizados de interés o valor para un propósito.
- f. **Concentrado:** Es el producto de la etapa proveniente de la flotación donde tiene un contenido metálico de interés para su venta.
- g. **Optimización:** Es el proceso de modificación de un sistema para mejorar su eficiencia o también el uso de los recursos disponibles.
- h. **Relave.:** Parte final de algún proceso metalúrgico, donde no hay interés de algún metal a recuperar en dicha planta.
- i. **Cobre:** Metal muy maleable que se encuentra naturalmente en un estado no combinado o con otros materiales.
- j. **Proceso:** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

## 2.3 Hipótesis de investigación

### 2.3.1 Hipótesis general

Realizado un adecuado tratamiento por flotación de zinc según el porcentaje de malla y su grado de molienda a nivel experimental.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

Realizando pruebas a diferentes de porcentaje de malla se obtendrán el porcentaje de malla adecuado para la recuperación de zinc.

Realizando un estudio de investigación también se tendrán parámetros operativos para el proceso industrial.

### 3.1 Operacionalización de las variables

*Tabla 1 Operaciones de las variables de estudio.*

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
<b>Independiente</b>			
Flotación y cianuración	- Proceso físico químico de separación de las menas de interés de las gangas.	<b>Parámetro</b>	- Liberación.
	- Técnica metalúrgica de extraer en forma de aniones metálicos complejos de cianuro metálico, solubles en agua.		- Tiempo
<b>Dependiente</b>			
Concentración y extracción	- Proceso por el cual se eleva la calidad de las menas de interés comercial.	<b>Calidad</b>	- Ley
	- Medio de extraer los elementos de interés en medio acuoso.		- Recuperación
<b>Intervinientes.</b>			
		<b>Control</b>	- Densidad de pulpa. - Fuerza de cianuro. - pH. - Agitación. - Dosificación de reactivos de flotación.

Nota: Diseñado por el autor de acorde las variables de estudio.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación es experimental por que se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2010).

- ✓ De acuerdo a su naturaleza: Experimental.
- ✓ acuerdo al propósito o utilización: aplicativa.

Se realiza investigación experimental y aplicativa, en este trabajo ya que se realiza experimental al nivel de laboratorio con un control mínimo a fin de encontrar las condiciones óptimas del estudio

Según sus características el nivel de la investigación es tipo experimental, comparativa donde se aplicará técnicas y métodos para controlar, mejorar y evaluar los resultados.

##### **3.1.2. Diseño de la Investigación.**

En el presente estudio se aplicará el diseño experimental, ya que se manipulará las variables independientes, para observa su efecto sobre la variable dependiente con una situación de control (Fernandez C. , 2014).

##### **3.1.3. Enfoque de la Investigación.**

Para Fernández (2014) metodología de la investigación, afirma:

El enfoque del presente estudio es cuantitativo, porque el estudio son variables o fenómenos cuantificables o fácilmente mensurables. “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teoría. (p. 147)

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

La población está constituida por el mineral del proyecto mineral de la mina de AF Copper, de la empresa AF Copper SAC.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra para el trabajo de investigación se extrae por muestreo en canales de los mantos del proyecto Planta Concentradora Miculla Alto empresa minera AF Copper SAC.

## **3.3 Técnicas de recolección de datos**

### **3.3.1. Técnicas a emplear.**

#### **a. Observación sistemática Directa.**

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando.

#### **b. Observación Sistemática Indirecta.**

Mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contiene información sobre el tema de investigación.

#### **c. Observación experimental.**

Con esta técnica será posible conocer la forma como se desarrollan las actividades en el desarrollo experimental para extraer datos con el fin de procesar posteriormente.

#### **d. Otras Técnicas.**

Técnica de cuestionario.

### **3.3.2. Descripción de los instrumentos.**

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento de la información**

Se usará el análisis estadístico y matemático, usando programas de cálculo como Excel, JKSINMET, MOLYCOP TOOLS, MINITAB 16, para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar, ecuaciones por regresión y otros.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis de resultados**

##### **4.1.1. Condiciones de flotación.**

La ley de cabeza es de cabeza para el proceso de flotación tiene la siguiente, 7.81% de Zinc. Para los experimentos se usó celda Denver Sub-A de 2300 Litros de volumen y velocidad variable, la flotación Rougher se realizó a 1800 rpm. Para obtener la cantidad suficiente de concentrado de zinc donde se realizó 5 pruebas de Flotacion batch a distintas granulometrías (% - malla 200).

##### **A) % HUMEDAD DEL MINERAL**

*Figura 3 % Humedad*

		<b>AF COPPER S.A.C</b>																								
		<b>% HUMEDAD DEL MINERAL</b>																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO (gramos)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DE LA TARA + MINERAL</td> <td>W1</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA TARA MINERAL SECADO</td> <td>W2</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA TARA</td> <td>WF</td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE DE HUMEDAD</td> <td>%H</td> </tr> </tbody> </table>				PESO (gramos)		PESO DE LA TARA + MINERAL	W1	PESO DE LA TARA MINERAL SECADO	W2	PESO DE LA TARA	WF	PORCENTAJE DE HUMEDAD	%H	<table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EJECUTA</td> <td>JESUS MACALUPU</td> </tr> <tr> <td>TURNO</td> <td>DIA</td> </tr> <tr> <td>CODIGO DE MUESTRA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		FECHA		EJECUTA	JESUS MACALUPU	TURNO	DIA	CODIGO DE MUESTRA				
PESO (gramos)																										
PESO DE LA TARA + MINERAL	W1																									
PESO DE LA TARA MINERAL SECADO	W2																									
PESO DE LA TARA	WF																									
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%H																									
FECHA																										
EJECUTA	JESUS MACALUPU																									
TURNO	DIA																									
CODIGO DE MUESTRA																										
<b>% HUMEDAD</b>																										
N° MUESTRAS	W1	W2	WF	%H	SD	CV	LS	LI																		
BANDEJA 1	1390.33	1369.89	389.23	2.04	1.75	0.13	3.80	0.29																		
BANDEJA 2	1385.33	1364.9	382.14	2.04			3.79	0.28																		
BANDEJA 3	1388.22	1367.6	379.15	2.04			3.80	0.29																		
				<b>2.04</b>			3.8	0.3																		
				VERDADERO																						

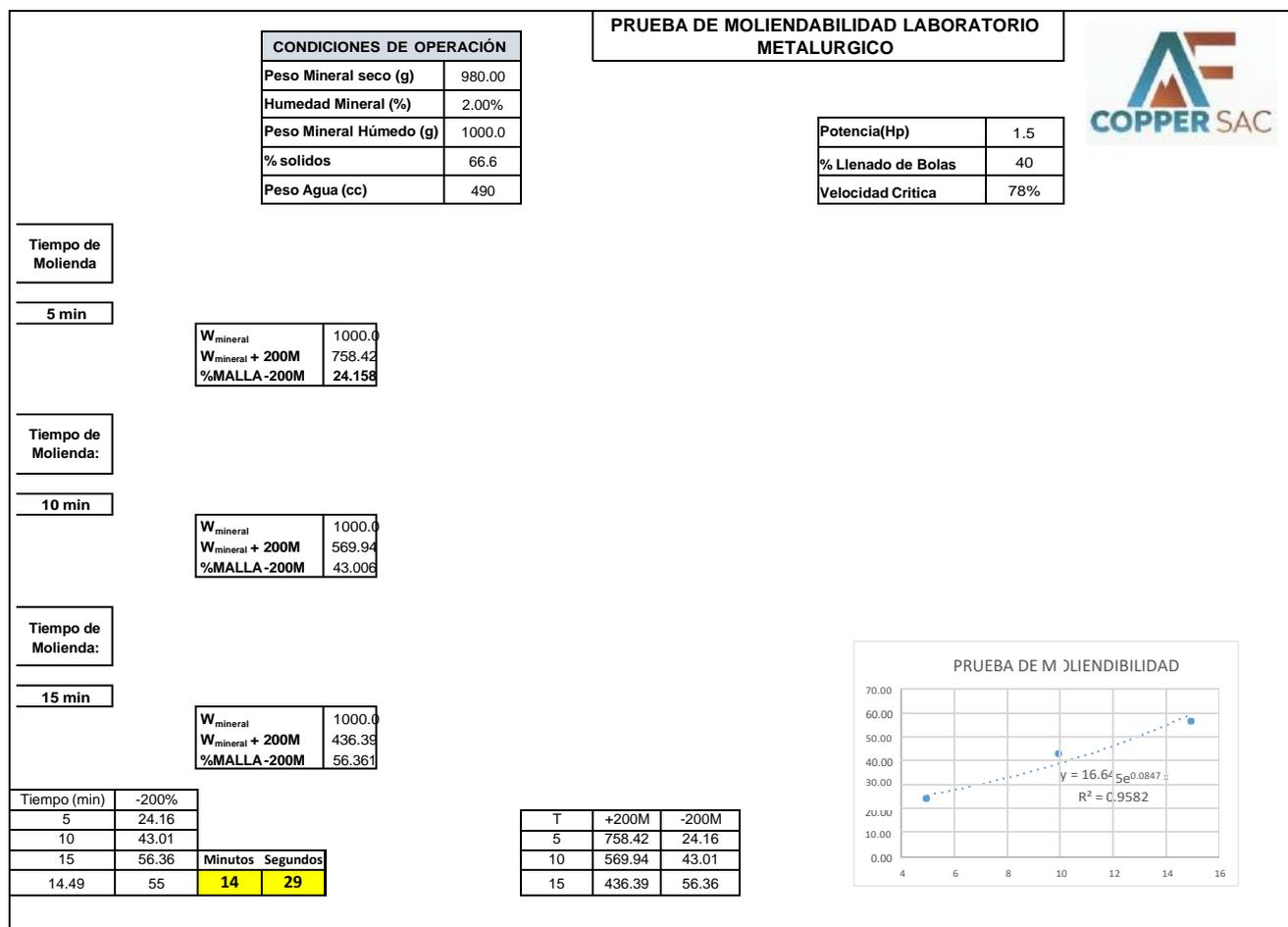
B) Gravedad Especifica

Figura 4 Gravedad Especifica

		AF COPPER S.A.C																	
		GRAVEDAD ESPECIFICA DEL MINERAL																	
<b>PESO (gramos)</b>							<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EJECUTA</td> <td>JESUS MACALUPU</td> </tr> <tr> <td>TURNO</td> <td>DIA</td> </tr> <tr> <td>CODIGO DE MUESTRA</td> <td></td> </tr> </table>					FECHA		EJECUTA	JESUS MACALUPU	TURNO	DIA	CODIGO DE MUESTRA	
FECHA																			
EJECUTA	JESUS MACALUPU																		
TURNO	DIA																		
CODIGO DE MUESTRA																			
PESO DE LA FIOLA	PF																		
PESO DEL MINERAL	PM																		
PESO DE LA FIOLA + MINERAL	PFM																		
PESO DE LA FIOLA + MINERAL + AGUA	PFMA																		
PESO DEL AGUA	PA																		
VOLUMEN DEL MINERAL	VM																		
GRAVEDAD ESPECIFICA	GE																		
GRAVEDAD ESPECIFICA																			
N° MUESTRAS	PF	PM	PFM	PFMA	PA	VM	G.E	SD	CV	LS	LI								
FIOLA 1	37.38	5.34	42.72	91.06	48.34	1.66	3.22	0.02	0.04	3.23	3.20								
FIOLA 2	37.37	5.19	42.56	90.93	48.37	1.63	3.18			3.20	3.17								
FIOLA 3	37.34	5.25	42.59	90.96	48.37	1.63	3.22			3.24	3.21								
							<b>3.21</b>			<b>3.22</b>	<b>3.19</b>								
VERDADERO																			

### C) Prueba de Moliendabilidad

**Figura 5 Prueba de Moliendabilidad**

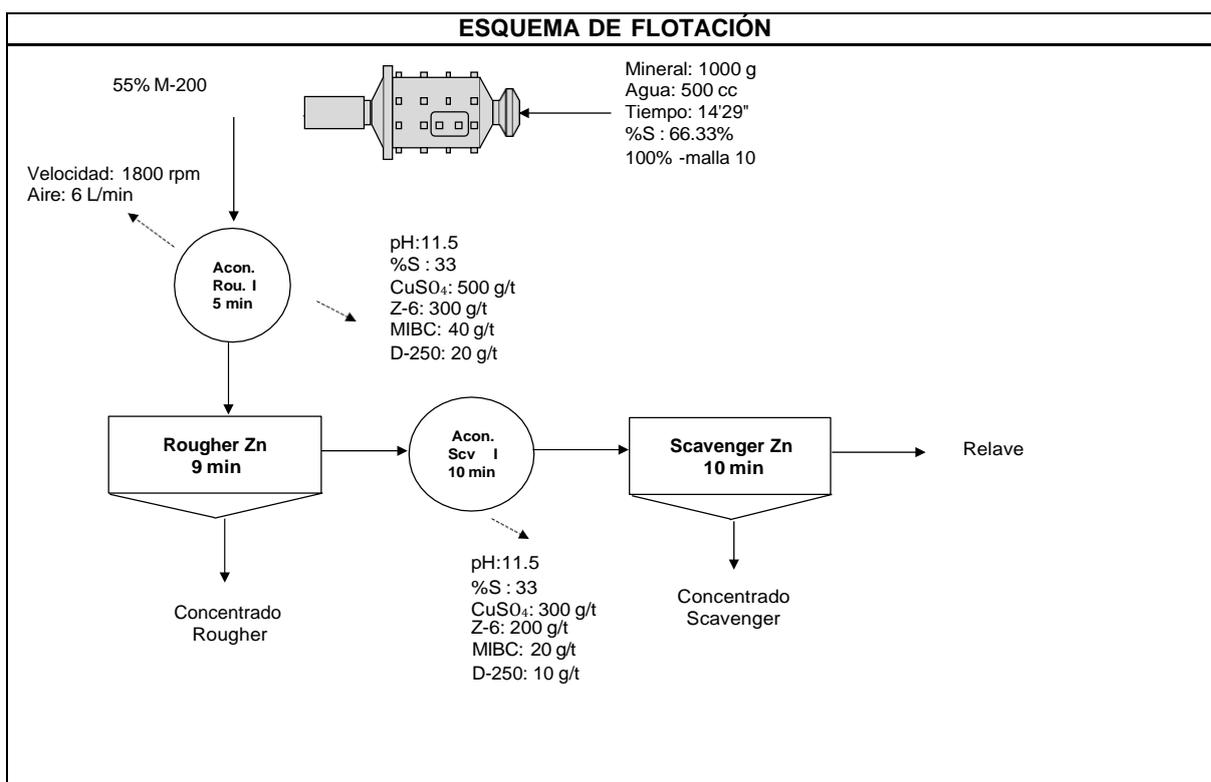


### D) Prueba de Flotacion N°1

**Tabla 2 Condición y Dosificación de Reactivos Prueba de Flotacion N°1**

Especificaciones	Tiempo (min)	Condiciones						
		% -200m	pH	CuSO4	Z-6	D-250	NaSO2	MIBC
Molienda	14.5	55					80	
Acondicionamiento	5		11	500	300	20		40
Flotacion Rougher	9							
Flotacion Scavenger	5		11	300	200	10		20

**Figura 6 Esquema de Flotación N°1**

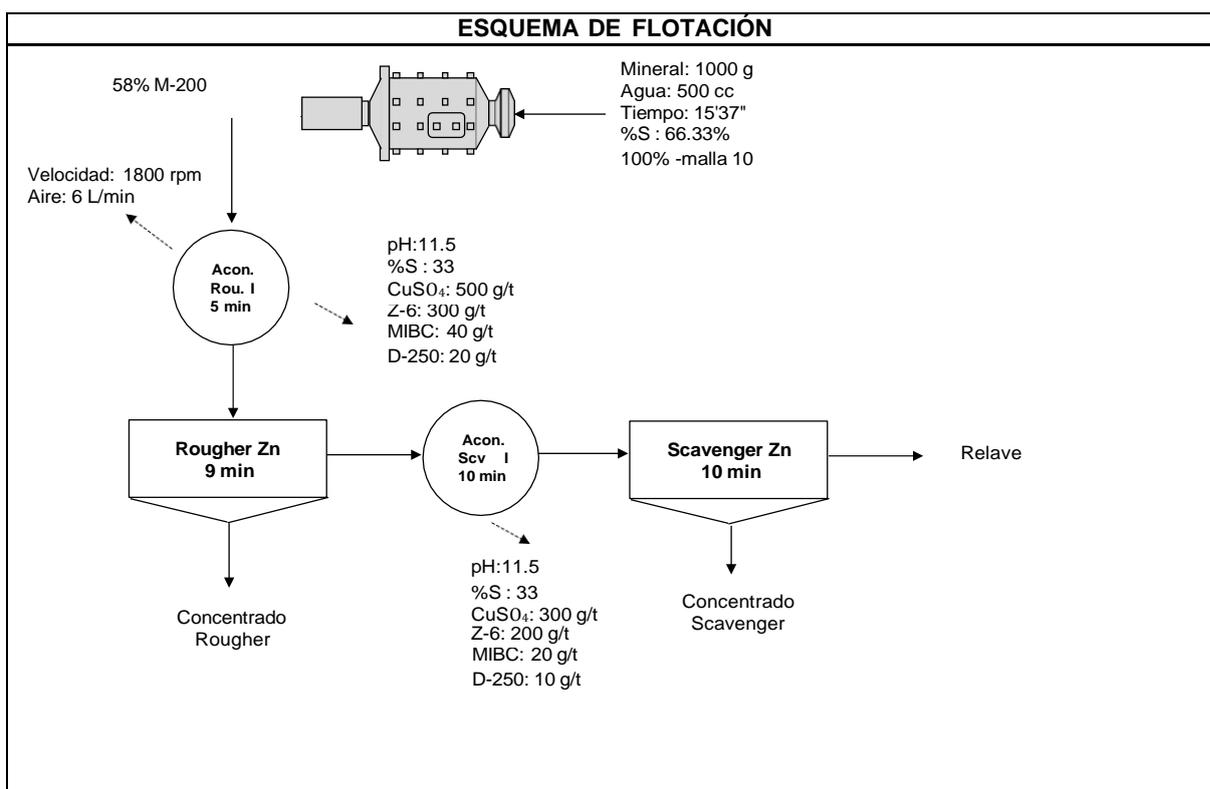


**Tabla 3 Condición y Dosificación de Reactivos Prueba de Flotación N°2**

Especificaciones	Tiempo							
		% -200m	pH	CuSO <sub>4</sub>	Z-6	D-250	NaSO <sub>2</sub>	MIBC
Condiciones	(min)							
Molienda	15.14	58					80	
Acondicionamiento	5		11	500	300	20		40
Flotación Rougher	9							
Flotación Scavenger	5		11	300	200	10		20

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Figura 7 Esquema de Flotación N°2**

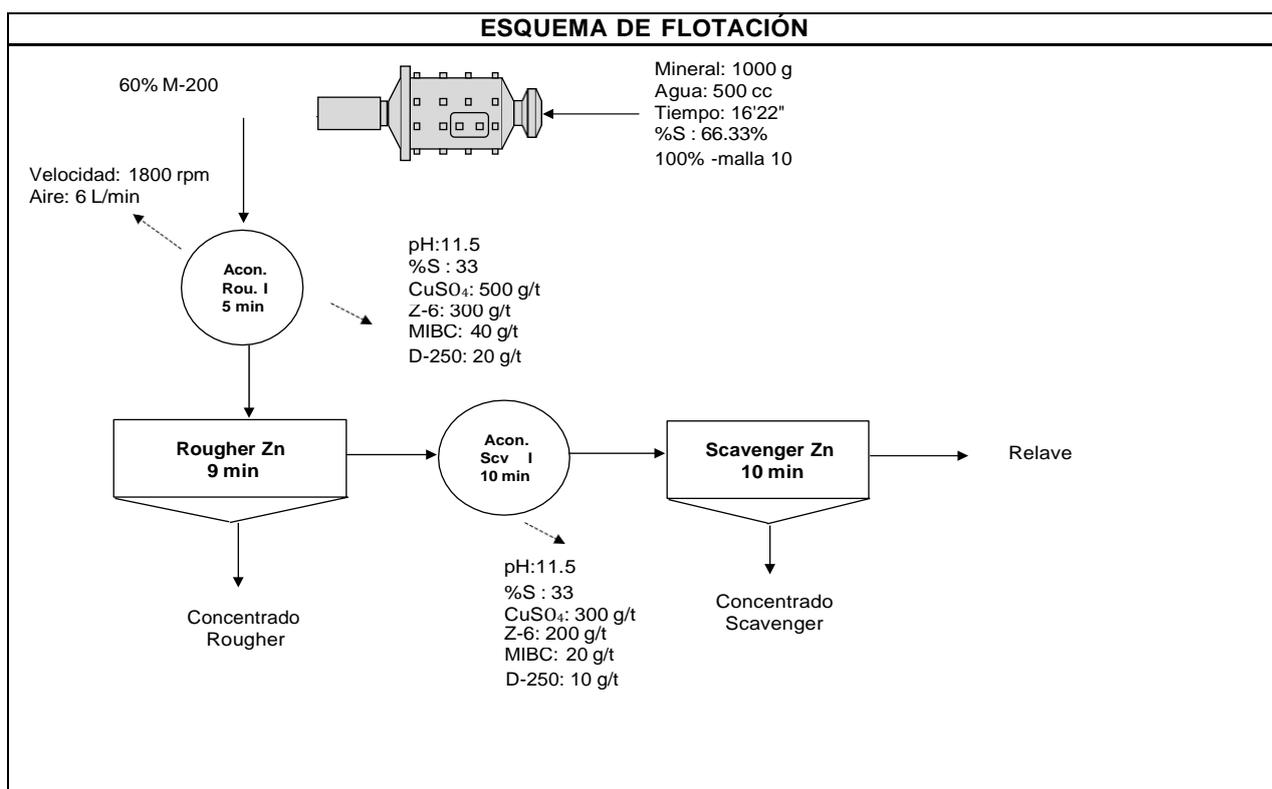


**Tabla 4 Condición y Dosificación de Reactivos Prueba de Flotación N°3**

Especificaciones	Tiempo	Condiciones						
		% -200m	pH	CuSO <sub>4</sub>	Z-6	D-250	NaSO <sub>2</sub>	MIBC
Molienda	16.22	60					80	
Acondicionamiento	5		11	500	300	20		40
Flotación Rougher	9							
Flotación Scavenger	5		11	300	200	10		20

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Figura 8 Esquema de Flotación N°3**

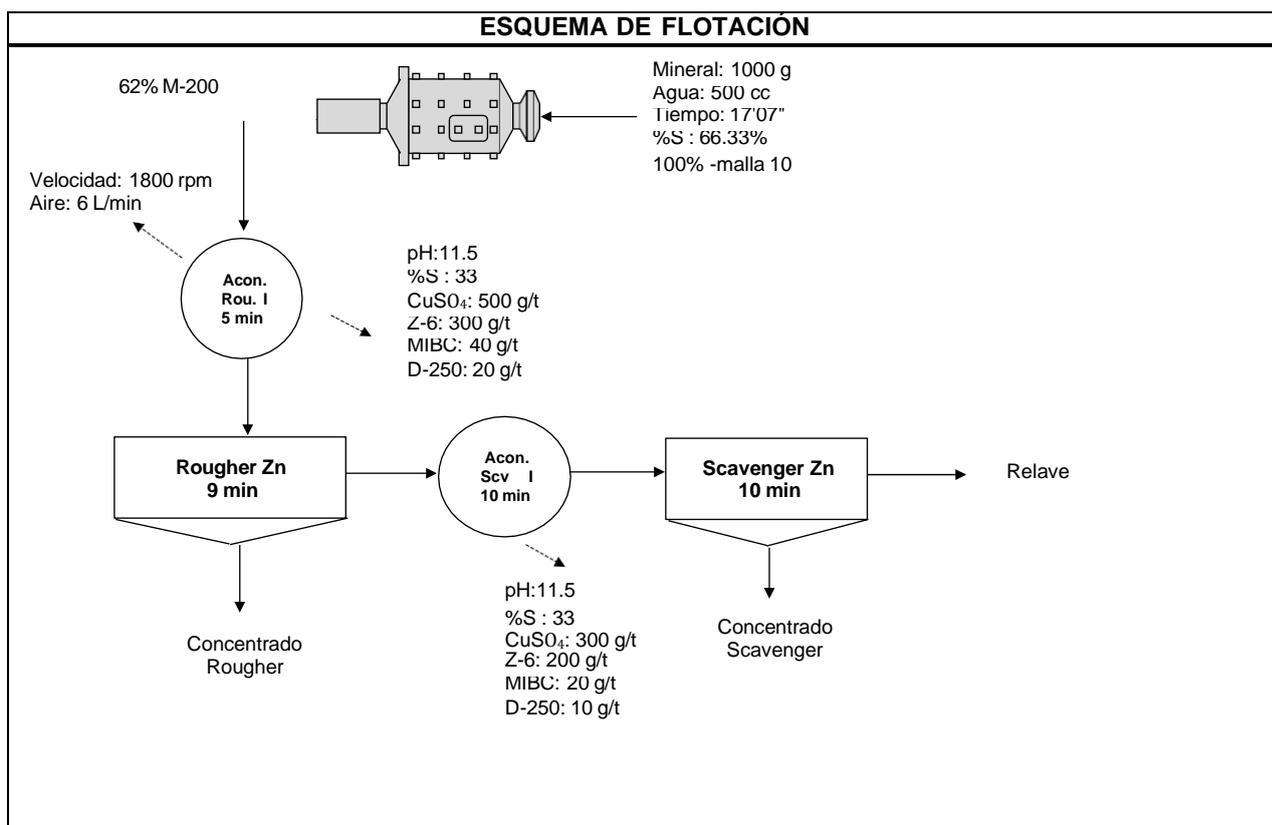


**Tabla 5 Condición y Dosificación de Reactivos Prueba de Flotación N°4**

Especificaciones	Tiempo							
		% -200m	pH	CuSO <sub>4</sub>	Z-6	D-250	NaSO <sub>2</sub>	MIBC
Condiciones	(min)							
Molienda	17.07	62					80	
Acondicionamiento	5		11	500	300	20		40
Flotación Rougher	9							
Flotación Scavenger	5		11	300	200	10		20

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Figura 9 Esquema de Flotación N°4**

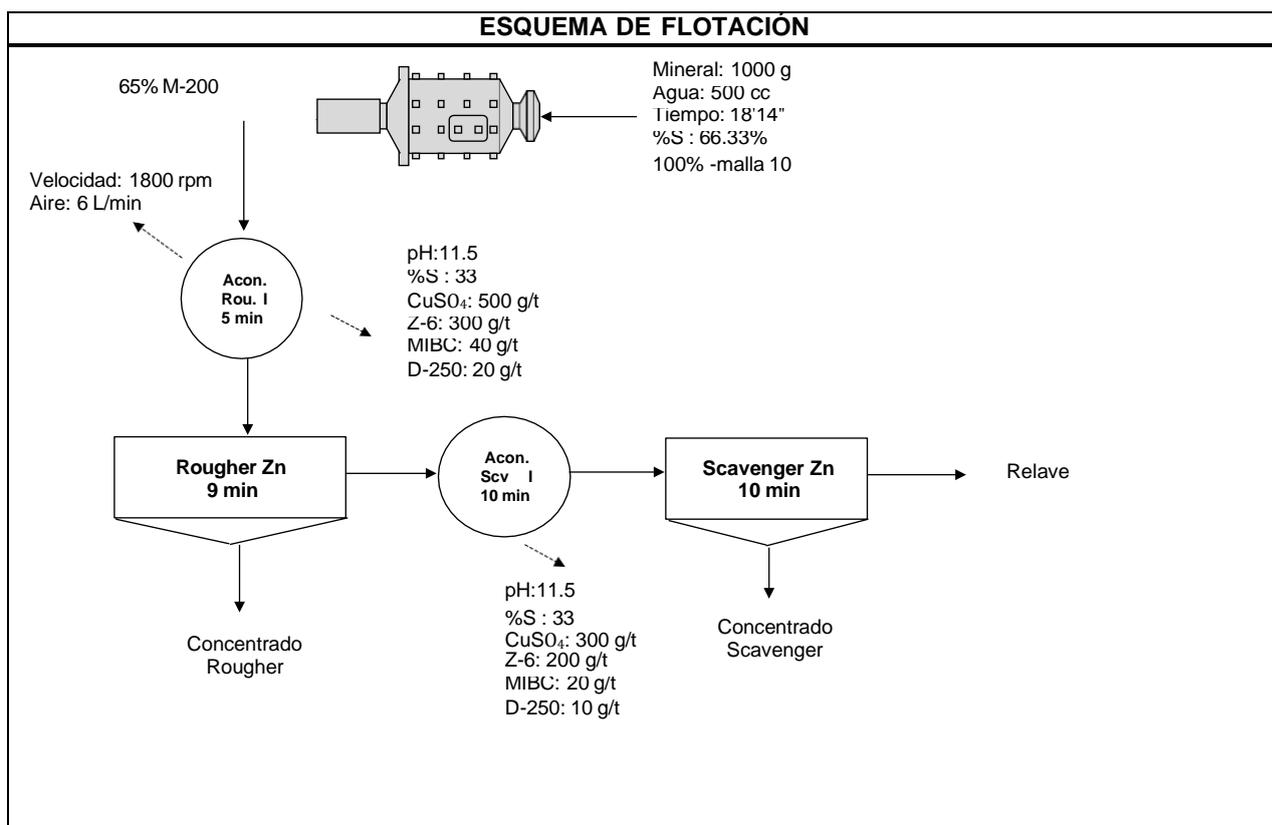


**Tabla 6 Condición y Dosificación de Reactivos Prueba de Flotacion N°5**

Especificaciones	Tiempo							
		% -200m	pH	CuSO <sub>4</sub>	Z-6	D-250	NaSO <sub>2</sub>	MIBC
Condiciones	(min)							
Molienda	18.14	65					80	
Acondicionamiento	5		11	500	300	20		40
Flotacion Rougher	9							
Flotacion Scavenger	5		11	300	200	10		20

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Figura 10 Esquema de Flotación N°5**



#### 4.2. Balance Metalúrgico.

Se realizaron 5 pruebas de Flotación a distintos tiempos de molienda, donde se evaluó la recuperación en función al grado de liberación, el balance metalúrgico tiene como resultado la obtención estimada de concentrado producido, contenido de finos, ley de concentrado, recuperación y ratios.

**Tabla 7 Balance Metalúrgico de la Prueba N°1**

Producto	Peso, g	Peso, %	% Ley Zn	% Rec. Zn	Contenido M.	Ratio
Concentrado Rougher	138.3	13.83	40.0	84.39	55.32	7.23
Concentrado Scavenger	43.8	4.38	7.49	5.00	3.28	
Relave	817.9	81.79	0.85	10.61	6.95	
Cabeza Calculada	1000.0	100.00	6.56	100.00	65.55	
Cabeza ensayada			7.81			

**Tabla 8 Balance Metalúrgico de la Prueba N°2**

Producto	Peso, g	Peso, %	% Ley Zn	% Rec. Zn	Contenido M.	Ratio
Concentrado Rougher	202.5	20.25	26.22	88.85	53.10	4.94
Concentrado Scavenger	96.4	9.64	1.24	2.00	1.20	
Relave	701.1	70.11	0.78	9.15	5.47	
Cabeza Calculada	1000.0	100.00	5.98	100.00	59.76	
Cabeza ensayada			7.81			

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Tabla 9 Balance Metalúrgico de la Prueba N°3**

Producto	Peso, g	Peso, %	% Ley Zn	% Rec. Zn	Contenido M.	Ratio
Concentrado Rougher	171.2	32.18	33.51	86.87	57.37	5.84
Concentrado Scavenger	96.8	8.40	3.06	4.49	2.96	
Relave	732.0	0.72	0.78	8.64	5.71	
Cabeza Calculada	1000.0	41.30	6.60	100.00	66.04	
Cabeza ensayada			7.81			

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Tabla 10 Balance Metalúrgico de la Prueba N°4**

Producto	Peso, g	Peso, %	% Ley Zn	% Rec. Zn	Contenido M.	Ratio
Concentrado Rougher	205.8	20.58	27.42	91.06	56.44	4.86
Concentrado Scavenger	110.7	11.07	2.6	4.64	2.88	
Relave	683.5	68.35	0.39	4.30	2.67	
Cabeza Calculada	1000.0	100.00	6.20	100.00	61.98	
Cabeza ensayada			7.81			

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Tabla 11 Balance Metalúrgico de la Prueba N°5**

Producto	Peso, g	Peso, %	% Ley Zn	% Rec. Zn	Contenido M.	Ratio
----------	---------	---------	----------	-----------	--------------	-------

Concentrado Rougher	171.2	17.12	33.51	90.06	57.37	
Concentrado Scavenger	96.8	9.68	3.06	4.65	2.96	5.84
Relave	732.0	73.20	0.46	5.29	3.37	
Cabeza Calculada	1000.0	100.00	6.37	100.00	63.70	
Cabeza ensayada			7.81			

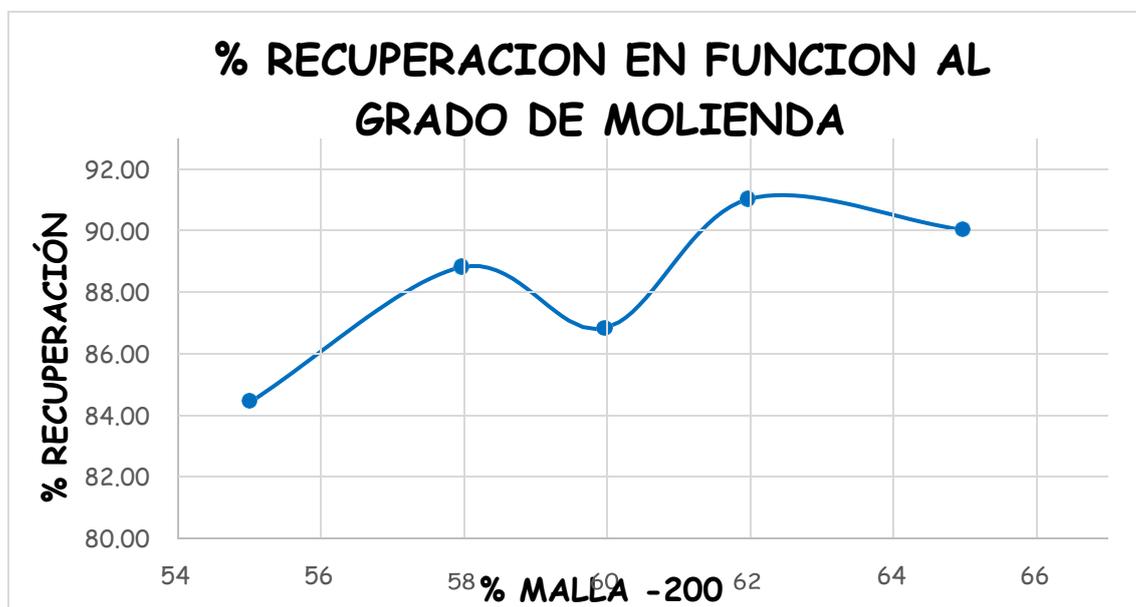
Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Tabla 12 Resumen de Balance Metalúrgico de las Pruebas de Flotacion**

NºPRUEBAS	%MALLA-200	%RECUPERACIÓN
PRUEBA N°1	55	84.39
PRUEBA N°2	58	88.85
PRUEBA N°4	60	86.87
PRUEBA N°5	62	91.06
PRUEBA N°3	65	90.06

Nota: Diseñado por el autor de acuerdo a las pruebas en laboratorio en AF Copper S.A.C

**Figura 11 % Recuperación en Función al grado de molienda**



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

En el presente trabajo sobre la problemática de cómo obtener la mejor recuperación, se desarrollaron ensayos en el laboratorio metalúrgico de dicha empresa para determinar cuál es la mejor recuperación en función al grado de molienda, mediante Flotación selectiva de zinc, podemos decir que si utilizamos bien los parámetros en los ensayos la desviación estándar y el índice de error disminuye notoriamente, otro punto es que al momento de la preparación, y cuarteo de muestras en el laboratorio metalúrgico, el metalurgista comienza caracterizando la muestra donde determina %humedad, g.e, moliendabilidad y queda listo para las corridas metalúrgicas.

La diferencia Para (ECHAUDIS CHAVEZ Evelyn Xiomara) en su trabajo de investigación, determinación del tamaño de partícula en molienda para la concentración por flotación de sulfuro de plomo a partir de un mineral polimetálico: Planta Concentradora Huari concluye que,

1. Después de haber efectuado la caracterización química del mineral polimetálico se observa que la concentración mayor es de plomo (Pb) con 2.23% y zinc (Zn) con 2.47%.
2. Como se observa en los resultados obtenidos, se determinó que la granulometría más adecuada para la recuperación óptima de plomo del mineral polimetálico es de 67.60% de mineral acumulado pasante Ac (-) tal como se ve en la figura 27, donde la malla de referencia es de -100. y el tiempo adecuado de molienda es de 16 minutos, cuyos datos deben tenerse en cuenta al momento de diseñar los equipos industriales de producción continua del plomo a partir de la galena.
3. Como ya lo mencionamos líneas arriba el tamaño de partícula óptima para una buena recuperación de plomo por flotación es que después de la molienda el

mineral pase por la malla -100, siendo este el control indispensable para su mejor proceso de flotación. (ECHA VAUDIS CHAVEZ Evelyn Xiomara, 2017, pág. 67).

La diferencia para este caso es su porcentaje de malla -200 en pocas palabras su liberación es mayor y que es monometalico.

La diferencia para este caso:

En su trabajo (Vargas, 2016) sobre, “influencia del grado de molienda y pH en el porcentaje de recuperación de cobre por flotación de mineral tipo sulfuro, conchucos, Pallasca, ancash.”, llevo a la conclusión.

Se estudió la influencia del grado de molienda y pH en el porcentaje de recuperación de cobre por flotación de mineral tipo sulfuro, Conchucos, Pallasca, Ancash. El estudio experimental se realizó en una celda de flotación de laboratorio, modelo Denver D-12, utilizando mineral con diferentes granulometrías a 55, 60 y 65 % -200 mallas con una ley de 7.8 % de cobre. El resultado del estudio de la flotación concluyó que la recuperación de cobre a pH de 8.5 y 55 % -m200 fue de 71.334% y a medida que ambas variables aumentaban, las recuperaciones también aumentaban, es así que se llegó obtener una recuperación de 86.667 % a pH 11.5 y 65 % - 200 mallas Los resultados son confirmados mediante análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%. De esto se concluye que la recuperación de cobre por la influencia del pH es de  $F_0=154446.964$  es mayor al  $F_{0.05;2;18}= 3.55$ , y la influencia de la granulometría es de  $F_0=12530.2433$  es mayor al  $F_{0.05;2;18}= 3.55$  y con la influencia del pH y la granulometría es de  $F_0=1359.48974$  es mayor al  $F_{0.05;4;18}= 2.93$ , obtenido de manera tabular. Esto confirma la aceptación de la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de pH y granulometría de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de cobre (Vargas, 2016, pág. 7).

En este caso solo es el tipo de mineral ambos tienen la misma base el grado de molienda.

Para (Chamorro, 2005) sobre, optimización del proceso de flotación de concentrado de zinc en la compañía minera “Yauliyacu” S.A mediante diseño experimentales, concluye,

Por medio de los diseños experimentales se ha evaluado con facilidad y bajo costo los parámetros que influyen en el proceso de flotación de zinc; y en la etapa de optimización, determinamos las dosificaciones óptimas de  $\text{CuSO}_4$  produciendo un ahorro de consumo de  $\text{CuSO}_4$  y mejoramos la calidad del zinc.

La utilización de software estadístico Statgraphic Plus Version 4.1 utilizada para realizar el análisis de datos a fin de evaluar, interpretar y optimizar las variables en estudio, es adecuada para aplicaciones de diseños experimentales en la investigación del proceso metalúrgico de flotación y de gran ayuda por la rapidez de obtener los resultados.

Con las variables más trascendentales en la flotación de zinc es la dosificación de  $\text{CuSO}_4$  y el control de alcalinidad de la pulpa para que pueda flotar el zinc (pH), los cuales corresponden a los óptimos y produce una total activación del zinc presente en la muestra que se flota y el pH adecuado será favorable para soltar las espumas y facilitar su evacuación. (Chamorro, 2005, pág. 77)

En este caso disminuye el consumo de reactivos para la optimización, mientras que en la investigación desarrollada es mediante el grado de molienda.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- Después de realizar las pruebas metalúrgicas podemos determinar cuál es el mejor camino a tomar para el procesamiento de la Planta.
- Los ensayos realizados en el laboratorio Metalúrgicos, fueron validados para poder seleccionar y comparar cual es la que mejor nos conviene,
- Considerar que el fierro es un limitante para obtener calidades altas, para contrarrestar ese tema aumentamos la recuperación.

## **6.2 Recomendaciones**

- Es necesario una buena preparación de reactivos y buen pulso en el paleteo durante la corrida metalúrgica, en el laboratorio metalúrgico.
- Darle mantenimiento al equipo de Flotación y molienda para que tenga buen funcionamiento y durabilidad.
- Realizar ensayos diarios, ya que la investigación es buena para la optimización de procesos realizado reduciendo cuellos de botellas, cosas, aumentando recuperación.

## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes bibliográficas

Andrews, J. (2012). Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de minera meridian. *Titulo profesional*. Pontifica universidad católica de valparaiso, Valparaiso. Obtenido de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-4500/UCF4959\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCF4959_01.pdf)

APONTE HUAMÁN, M., & CALDERÓN DAVIRÁN, I. F. (2014). VALIDACION DE UN METODO DE ANALISIS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA PARA MINERALES DE PLOMO EN LABORATORIO DEL GRUPO GLENCORE UNIDAD MINERA SANTANDER-TREVALI. *Titulo Profesional*. UNIVERSIDAD CENTRO DEL PERU, HUANCAYO.

Azañero, A., Aramburú, V., Quiñones, J., Puente, L., Cabrera, M., Falconí, V., . . .

Medina, A. (2010). Tratamiento hidrometalúrgico del oro diseminado en pirita y arsenopirita del relave de flotación. *Revista del Instituto de Investigaciones*

*FIGMMG*, 12. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13\\_n25/pdf/a01v13n25.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n25/pdf/a01v13n25.pdf)

Azuñero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones Jóvic.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Chía: Pearson.

## ANEXOS

		<b>AF COPPER S.A.C</b>				
		<b>REPORTE CORTE DE FAJA PLANTA CONCENTRADORA AF COOPER</b>				
FECHA	16/07/2012	TONELAJE (T/D)	Mol 3' x 5'	60		
JEFE DE TURNO	ING. RENZO GONZALES		Mol 3' x 4'			
<b>CORTE DE FAJA</b>		<b>GUARDIA</b>	B	<b>PLANTA</b>		
				<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">TONELADAS/ DIA</td> <td style="text-align: center;">4.40</td> </tr> </table>	TONELADAS/ DIA	4.40
TONELADAS/ DIA	4.40					
<b>HORA</b>	<b>PESO DE FAJA (Kg)</b>	<b>FACTOR DE FAJA</b>	<b>TONELADAS/ HORA</b>			
1	7.3	ARRANQUE DE PLANTA				
2	08:00	0.545	2.69	1.47		
3	09:00	0.545	2.69	1.47		
4	10:00	0.545	2.69	1.47		
5	PARADA DE PLANTA					
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

### *ANEXO 1 Reporte de corte de faja*

		<b>AF COPPER S.A.C</b>				
		<b>BALANCE METALURGICO</b>				
FECHA	16/07/20226	JEFE DE TURNO	Ing. Renzo Gonzales	GUARDIA	A	<b>PLANTA CONCENTRADORA</b>
<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO , TMS</b>	<b>PESO,%</b>	<b>Ley % Zn</b>	<b>CONTENIDOT M (Zn)</b>	<b>%DISTRIBUCI ÓN (Zn)</b>	<b>RATIO</b>
Alimentacion	4.40	100.00	5.08	0.2235	100.00	10.29
Concentrado Zn	0.43	9.72	45.96	0.1965	<b>87.91</b>	
Relave	3.97	90.28	0.68	0.0270	12.09	
					<b>100.00</b>	

### *ANEXO 2 Balance Metalurgico*

---

**[M (O) Jaime iman mendoza]**  
**ASESOR**

---

**[Salcedo Meza, Máximo Tomas]**  
**PRESIDENTE**

---

**[Sánchez Guzmán, Alberto Irhaam]**  
**SECRETARIO**

---

**[Coca Ramírez, Víctor Raúl]**  
**VOCAL**

**NOTA: PARA LLENAR ESTOS DATOS OBSERVE LOS GRADOS DE LOS DOCENTES EN LAS RESOLUCIONES DE NOMBRAMIENTO DE JURADOS Y  
ASESOR**