

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA**



**TESIS**

**Influencia del Colector Flottec 8020 para mejorar la calidad del  
Concentrado de la Flotación Bulk en la Empresa Minera Nexa  
Resources S.A.C. - Unidad El Porvenir – Pasco 2018**

Para optar el título profesional de: Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach: Watson Marcelo NOREÑA DURAN

Asesor: Ms.Sc. Ramiro SIUCE BONIFACIO

Cerro de Pasco - Perú - 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA**



**TESIS**

**Influencia del Colector Flottec 8020 para mejorar la calidad del  
Concentrado de la Flotación Bulk en la Empresa Minera Nexa  
Resources S.A.C. - Unidad El Porvenir – Pasco 2018**

**Sustentado y aprobado ante los miembros del Jurado:**

-----  
**Dr.Sc. Eduardo J. MAYORCA BALDOCEDA**  
**PRESIDENTE**

-----  
**Ms.Sc. Marco A.SURICHAQUI HIDALGO**  
**JURADO**

-----  
**Ms.Sc. Manuel HUAMAN DE LA CRUZ**  
**JURADO**

## RESUMEN

Actualmente la empresa Nexa Resources S.A.C., viene usando el colector AEROPHINE 3418, en el circuito de flotación Bulk, obteniendo concentrados de plomo y cobre por debajo del estándar en cuanto a calidad y % de recuperación del valor metálico.

En el presente trabajo de investigación, se ha realizado pruebas de flotación Bulk a escala laboratorio, haciendo uso del Colector FLOTTEC 8020, con la finalidad de encontrar un colector específico para el circuito de flotación Bulk y reemplazar el colector que actualmente se viene usando (AEROPHINE 3418).

Se realizó 8 pruebas de laboratorio con parámetros de flotación estándar y haciendo uso del Colector Flottec 8020, durante los meses de mayo y junio, obteniendo resultados de recuperación de valor metálico superiores al estándar.

**Palabras claves:** Colector FLOTTEC 8020, Flotación Bulk, Colector AEROPHINE 3418).

## **SUMMARY**

Currently the company Nexa Resources S.A.C., has been using the collector AEROPHINE 3418, in the Bulk flotation circuit, obtaining lead and copper concentrates below the standard in terms of quality and% recovery of the metallic value.

In the present research work, Bulk flotation tests have been carried out at laboratory scale, using the FLOTTEC 8020 Collector, in order to find a specific collector for the Bulk flotation circuit and replace the collector that is currently being used (AEROPHINE 3418).

8 laboratory tests were performed with standard flotation parameters and using the Collector Flottec 8020, during the months of May and June, obtaining results of recovery of metallic value above the standard.

Keywords: FLOTTEC Collector 8020, Bulk Float, Collector AEROPHINE 3418).

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Huilmer Noreña Jara y Pilarta Duran Murga y a todos mis hermanos, por su apoyo constante para la culminación de mi estudio por quienes guardo un profundo y eterno agradecimiento.

**Watson Noreña Duran.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida e iluminarme y guiarme por un camino correcto.

Al área de metalurgia de la empresa NEXA RESOURCES S.A.C., por darme la oportunidad de ser parte del grupo técnico y confiar en el grupo de profesionales de LA EMPRESA INSPECTORATE., para realizar pruebas metalúrgicas a escala laboratorio y escala industrial.

A mi familia por su lucha incansable para darme la oportunidad de estudiar y ser una persona de bien en la vida, estaré eternamente agradecido con cada uno de ellos.

A los catedráticos de mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por haber formado parte de mi formación académica durante los 5 años de mi vida universitaria

Al magister Ramiro Siuce Bonifacio, por su apoyo en la mejora de este trabajo de investigación.

Al Ing. Fernando Bravo Llana por su amistad, aporte y apoyo en cada etapa de la elaboración del proyecto de investigación.

**El autor**

## INDICE

RESUMEN	
SUMMARY	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INDICE	
INTRODUCCION	

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4.1. TÉCNICA.....	15
1.4.2. ECONÒMICA.....	16
1.4.3. MEDIO AMBIENTAL.....	16
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

2.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	19
2.2	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	26
2.2.1.	FLOTACIÓN DE MINERALES.....	26
2.2.2.	PROCESO DE LA FLOTACIÓN POR ESPUMAS.....	28
2.2.3.	ELEMENTOS DE LA FLOTACIÓN.....	28
2.2.4.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FLOTACIÓN.....	31
2.2.5.	REACTIVOS DE FLOTACION.....	37
2.2.6.	FLOTACION DE MINERALES POLIMETÁLICOS SULFURADOS DE Pb, Cu y Zn.....	42
2.2.7.	TEORÍAS SOBRE LA INTERACCIÓN DE MINERAL SULFURO / XANTATO.....	46
2.2.8.	TEORÍA QUÍMICA O LA DE OXIDACIÓN SUPERFICIAL.....	47
2.2.9.	TEORÍA DE LOS SEMICONDUCTORES.....	48
2.2.10.	TEORÍA ELECTROQUÍMICA.....	49
2.2.11.	CINETICA DE FLOTACION.....	50
2.2.12.	MODELACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN.....	51
2.2.13.	ASPECTOS DEL PROCESO DE FLOTACION.....	55
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	56
2.4	HIPÓTESIS.....	62
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	62
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	62
2.5	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	63
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	63
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	63
2.5.3.	VARIABLE INTERVINIENTE.....	63

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

3.1.	TIPO DE INVESTIGACION.....	64
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	68

3.1.1.	POBLACIÓN.....	68
3.1.2.	MUESTRA.....	68
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	69
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	69
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	70
3.7.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.....	71

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	72
4.1.1.	ANÁLISIS QUÍMICO .....	72
4.1.2.	ANÁLISIS MINERALÓGICO .....	73
4.1.3.	PRUEBA DE MOLIENDABILIDAD .....	74
4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	76
4.2.1.	COMPOSITO DE FLOTACIÓN BULK UTILIZANDO AEROPHINE 3418 76	
4.2.2.	PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	77
4.2.3.	INFLUENCIA DE LOS FACTORES EN LA FLOTACIÓN BULK .....	78
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	83
4.3.1.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	83
4.3.2.	ELECCIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA .....	83
4.3.3.	VALOR DE DECISIÓN.....	84
4.3.4.	CONCLUSIÓN:.....	84
4.4.	DISCUSIÓN DEL RESULTADO.....	85
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES.....	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	91
	ANEXOS .....	93

## **INTRODUCCION**

La elección del colector adecuado para el proceso de flotación Bulk, será seleccionada en base a los resultados de las pruebas metalúrgicas realizadas, en base a los estándares de calidad de la compañía.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos:

En el capítulo I, se presenta la determinación del problema, formulación del problema, objetivos, justificación del problema, importancias, alcances de la investigación y limitaciones.

En el capítulo II, se presenta la fundamentación teórica, tales como: antecedentes, bases teóricas–científicas, definición de términos, hipótesis genéricas y específicas, identificación de variables independientes, dependientes e intervinientes.

En el capítulo III, se presentan el tipo de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, métodos de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos y tratamientos estadísticos de datos.

En el capítulo IV, tratamientos estadísticos e interpretación de cuadros, presentación de resultados, pruebas de hipótesis y discusión de resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

**Watson Noreña Duran**

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.**

Actualmente NEXA Resources S.A.C. unidad minera el Porvenir, es una empresa que en sus operaciones extrae minerales polimetálicos y uno de los mayores productores de zinc, plomo y cobre en el mundo que opera en el centro del país, y beneficia minerales de zinc, plomo y cobre en la Planta de la unidad minera el Porvenir en la ciudad Cerro de Pasco, siendo la región Pasco rico en minerales polimetálicos, que contienen sus yacimientos elementos metálicos como cobre, plomo, zinc, plata.

En los últimos años las operaciones de la empresa se fueron incrementando para mayor producción de sus concentrados y por lo tanto se ha modificado las instalaciones de la planta concentradora con la instalación de dos molinos secundarios denominándose estos, molino secundario número cuatro (MS-4) de (5x10) y molino secundario cinco (MS-5) de (5x8) y así incrementando su tonelaje de tratamiento de 4500 TSP a 6500 TSP su tonelaje de tratamiento en la actualidad.

Así mismo las leyes de cabeza del mineral han bajado en un promedio de 1% para el Zinc y 0,5% para el plomo y 0,2% para el cobre.

Para poder recuperar con eficiencia y concentrados de calidad en la etapa de flotación bulk el presente trabajo de investigación que está enfocado en realizar pruebas de flotación con el colector Flottec F-8020 para remplazar al colector A-3418 para poder seleccionar como nuevo colector selectivo en la etapa de flotación Bulk, además con lo cual se debe de disminuir el consumo de cianuro de sodio NaCN en un 50%, esto debido a que el cianuro de sodio es muy dañino para la salud de los trabajadores e impacta negativamente con el medio ambiente y también se han realizado pruebas y se ha constatado que hay oro en su mineralogía y el cianuro lo lixivia y esto se estaría pasando al relave por lo que se busca reducir el consumo de cianuro para no lixiviar el oro y recuperar en los concentrados y así dar un valor agregado a los concentrados finales.

Este cambio está sustentado en la inclusión de un colector selectivo para flotar los minerales sulfuros de plomo-cobre y depresión de sulfuros de zinc y hierro en la flotación Bulk, el cual proporciona una diferenciada selectividad entre el mineral de Plomo – Cobre y las gangas presentes en el mineral, tanto como también en la incrementación de la recuperación de concentrado de cobre (Cu).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL.**

- ¿Cómo influye el colector Flottec 8020 en la mejora de la calidad del concentrado de la flotación bulk en la Empresa Minera Nexa Resources S.A.C. - Unidad el Porvenir – Pasco 2018?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.**

- ¿Cuál es la calidad del concentrado y recuperación de la flotación bulk con el colector Aerophine 3418?
- ¿Cuáles son las condiciones de operación y dosificación del colector Flottec 8020 en la flotación Bulk?
- ¿Se podrá mejorar la recuperación y calidad del concentrado de la flotación bulk de las pruebas metalúrgicas?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la influencia del colector Flottec 8020 para mejorar la calidad del concentrado de la flotación bulk en la Empresa Minera Nexa Resources S.A.C. - Unidad el Porvenir – Pasco 2018.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Analizar la calidad de concentrado y recuperación de la flotación Bulk obtenido con el colector Aerophine 3418.
- Determinar las condiciones de operación y dosificación del Flottec 8020 aplicando las pruebas de flotación Bulk.
- Mejorar la calidad y recuperación del concentrado bulk de las pruebas metalúrgicas.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1. TÉCNICA.**

El uso colector del FLOTTEC 8020, para la mejora del proceso de flotación Bulk y definir un colector específico para el circuito de flotación Bulk.

#### **1.4.2. ECONÓMICA.**

El colector específico Flottec 8020 beneficiaría a la Compañía a reducir los costos de operación en el circuito de Flotación Bulk, ya que el costo del colector FLOTTEC 8020 es menor en comparación al reactivo que actualmente se viene usando.

Disminuir el consumo de cianuro de sodio en un 50%, además aumentar la recuperación de los valores metálicos y en consecuencia los costos de los concentrados de plomo y cobre.

#### **1.4.3. MEDIO AMBIENTAL.**

La política corporativa de Nexa resources S.A.C. textualmente cita “prevenir, mitigar, minimizar y controlar los impactos ambientales” por lo tanto la empresa en cumplimiento a su política constantemente realiza autorías internas y externas para poder regular sus aspectos e impactos ambientales, en ese sentido la planta concentradora al usar las sustancias químicas peligrosas como son los reactivos de flotación que impacta negativamente el medio ambiente toma en consideración en reemplazar los reactivos que son altamente dañinos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente por otros reactivos que son menos tóxicos.

Los reactivos que se ha evaluado son:

- ✓ El colector (Aerophine 3418) por colector Flottec F-8020

- ✓ Disminuir el consumo de cianuro de sodio en un 50%.

### **1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

- El presente trabajo de investigación metalúrgico del estudio mediante las pruebas de flotación utilizando el colector F-8020 en la etapa de flotación bulk para poder remplazar al colector A-3418 es una contribución importante en el desarrollo científico y experimental en la metalurgia extractiva, siendo este trabajo una investigación donde se encontrará la mejor alternativa de optimizar la calidad de concentrado y recuperación del Pb-Cu en la cual será económicamente viable y rentable.
- La investigación realizada está al alcance de todo el personal de la empresa Nexa Resources S.A.C. tanto profesionales y trabajadores. Está al alcance de todos los estudiantes y catedráticos de la universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco con fines educativos y de aprendizaje.

### **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación metalúrgica se ha desarrollado sin ninguna limitación porque se ha tenido el apoyo de gerencia de planta concentradora y el jefe de laboratorio para realización de las pruebas y así poner en marcha la prueba del nuevo colector por 30 días para evaluar los

resultados a escala industrial. En cuanto a las pruebas experimentales tampoco se tuvo limitaciones porque teníamos los insumos y materiales a nuestra disposición y apoyo del jefe laboratorio y en control de la dosificación y toma de muestras en la planta concentradora se ha tenido el apoyo de los jefes de guardia de planta que facilitaron los trabajos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.**

Para la investigación realizada se cuenta con poca información con respecto a antecedentes, sin embargo se tiene como referencia los trabajos de investigación realizadas en las distintas unidades mineras del Perú.

#### **A) INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN DE LOS COLECTORES AR-404 Y FLOTTEEC 8020 SOBRE LA RECUPERACIÓN DE PLOMO Y ZINC POR FLOTACIÓN SELECTIVA DE UN MINERAL POLIMETÁLICO DE LA EMPRESA MINERA OCCIDENTAL 2 DE CAJAMARCA S.R.L.<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Dávila, César Manuel; Plasencia Fernández, Olga Tesis titulada "INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN DE LOS COLECTORES AR-404 Y FLOTTEEC 8020 SOBRE LA RECUPERACIÓN DE PLOMO Y ZINC POR FLOTACIÓN

Se estudió la influencia de la dosificación de los colectores Flottec 8020 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico, del nivel 2 de la veta murciélagos de la empresa Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L.

El estudio experimental se realizó en una celda de flotación de laboratorio, modelo Denver D-12, utilizando mineral con una granulometría 60% -200 mallas con una ley de 4.48% de plomo y 14,82% de Zinc.

El resultado del estudio de la flotación concluyó que, la recuperación de plomo sin uso de colectores es de 32,29 % y con la dosificación de los dos colectores, la recuperación es de 50,69 %. Para la recuperación de zinc sin uso de colectores es de 49,38 % y con la dosificación de los dos colectores la recuperación es de 56,50%.

Los resultados son confirmados mediante análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%. De esto se concluye que la recuperación de plomo por la influencia del colector Flottec 8020 es de  $F_0 = 179,59$  es mayor al  $F_{0,05;2;18} = 3,55$ , y la influencia del colector AR-404 es de  $F_0 = 622,69$  es mayor al  $F_{0,05;2;18} = 3,55$  y con la influencia de los colectores FLOTTEC 8020 y AR- 404 es de  $F_0 = 70,87$  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 estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de plomo.



INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN DE LOS COLECTORES FLOTTEC 8020 Y AR-404 SOBRE LA RECUPERACIÓN DE PLOMO Y ZINC POR FLOTACIÓN SELECTIVA DE UN MINERAL POLIMETÁLICO DE LA EMPRESA MINERA OCCIDENTAL 2 DE CAJAMARCA S.R.L.

## CONCLUSIONES

Se concluye que experimentalmente la recuperación de plomo aumenta en un porcentaje de 18% y un 7.12% en la recuperación de zinc por flotación selectiva con la influencia de la dosificación de los colectores Flottec 8020 y AR-404 de un mineral polimetálico del nivel 2 de la veta murciélagos de la Empresa Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L.

Se determinó el parámetro dosificación con una proporción de colectores de 20 gr/TM de FLOTTEC 8020 y 40 gr/TM de AR-404 se recuperó un promedio de 50.69% de concentrado de plomo.

Fuente: **Dávila, César Manuel; Plasencia Fernández, Olga– Trabajo de investigación – Cajamarca (2016).**

## Resultados de la recuperación de plomo

**TABLA N° 4.** Porcentaje de Recuperación de Plomo con dosificación de los colectores FLOTTEC 8020 y AR-404.

Factor	Dosificación AR-404								
	0 gr/TM			10 gr/TM			40 gr/TM		
<b>Dosificación</b>									
<b>Flottec 8020</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>0 gr/TM</b>	33.68	30.01	32.89	36.37	36.40	36.29	37.05	37.54	37.16
<b>10 gr/TM</b>	34.91	34.56	34.60	37.00	36.95	37.00	48.69	48.81	48.77
<b>20 gr/TM</b>	34.99	34.89	35.03	38.67	39.00	38.75	50.49	49.87	50.56

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.** Promedio de la sumatoria de las tres pasadas de flotación en la recuperación de Plomo de un mineral polimetálico por la influencia de los colectores Flottec 8020 y AR-404.

Dosificación Flottec 8020	Dosificación AR-404		
	0 gr/TM	10 gr/TM	40 gr/TM
<b>0 gr/TM</b>	32.29	36.35	37.25
<b>10 gr/TM</b>	34.38	36.98	48.75
<b>20 gr/TM</b>	34.94	38.81	50.29

Fuente: Elaboración Propia

En el resultado de la flotación de plomo podemos observar que sin el uso de ningún colector se recuperó un promedio de 32.29 %. Y la mayor recuperación fue de un promedio de 50.56 % de plomo con una dosificación de colectores de 20 gr/TM de Flottec 8020 y 40 gr/TM de AR-404. Aumentando un 18%.

Fuente: Dávila, César Manuel; Plasencia Fernández, Olga– Trabajo de investigación – Cajamarca (2016).

## **B) OPTIMIZACIÓN POR DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA FLOTACIÓN DE CONCENTRADOS BULK PLOMO Y PLATA A NIVEL LABORATORIO EN LA FIQ.<sup>2</sup>**

El mineral tratado por CASTROVIRREYNA COMPAÑÍA MINERA S.A. en la planta concentradora San Genaro contiene los siguientes elementos: Argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), Galena ( $\text{PbS}$ ), Esfalerita ( $\text{ZnS}$ ), Pirita ( $\text{FeS}_2$ ), Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) y Sales insolubles. Con un contenido metálico en la cabeza de 3,04 Onz Ag/TM, 0,18 % Pb/TM y 0,22 g Au/TM. La humedad del mineral beneficiado es de 9,61% de  $\text{H}_2\text{O}$ , la gravedad específica es 2,81 g/l y el pH natural de la pulpa de 6,5. Las variables de operación en el proceso de flotación identificadas por el método de selección de variables fueron los siguientes: El grado de liberación (X1), Tiempo de acondicionamiento (X2), Flottec 8020 (X3), xantato Z-11 (X4) y pH de pulpa (X5), de las cuales se determinó las más influyentes en la recuperación por diseño de factoriales fraccionados obteniendo un T-student de 2,073, siendo las siguientes variables con mayores valores en T-regresión: 4,263 grado de liberación (X1), 3,261 Tiempo de acondicionamiento (X2), 5,072 Flottec 8020 (X3).

---

<sup>2</sup>ARANDA BRUNO, Jhon Abimael Tesis- "optimización por diseño experimental de la flotación de concentrados bulk plomo y plata a nivel laboratorio en la FIQ. Huancayo – 2014"

La optimización se desarrolló por composito central para tres variables y análisis estadístico de la regresión y ajuste, obteniendo la siguiente ecuación cuadrática:

$$Y = -1208,54 + 39,40X_1 + 25,71X_2 - 4,57X_3 - 0,33X_2^2 - 0,69X_1^2 - 0,24X_2^2 - 0,21X_1X_2 + 0,22X_1X_3 - 0,16X_2X_3$$

De la ecuación se determinaron los valores óptimos de las variables por derivadas parciales:  $X_1 = 62,79\%$  -200M,  $X_2 = 7,21$  minutos y  $X_3 = 16,92$  g/TM FLOTTEC 8020. Con estos valores se logró determinar una recuperación máxima  $Y = 82,35\%$  de Ag en los concentrados. Finalmente se realizó la prueba batch en laboratorio con los valores óptimos de las variables obteniendo una recuperación de  $82,21\%$  de Ag.

#### - **FLOTACION BULK EN ALGUNAS MINERAS PERUANAS**

Un bulk de flotación Pb-Cu, que debe ser separado en dos concentrados, tiene dos alternativas

- 1) Flotar Pb y deprimir Cobre usando una mezcla de Cianuro de sodio/óxido de zinc, casos Quiruvilca e Iscaycruz y
- 2) Flotar Cobre luego de deprimir plomo con Bicromato de sodio (Raura, Milpo, Atacocha Corona y Chunqar). Este último proceso ha sido fuertemente observado por la nueva Legislación Ambiental porque el Bicromato finalmente es fuente de contaminación

ambiental; a pesar de ello este sistema ha permanecido porque técnicamente no existe otra manera de deprimir Plomo, lo que debe quedar claro es que la minería, en el uso de ambas iones de flotación, nunca pudo escoger, depende de la mineralogía del yacimiento.

- **Mina Brunswick Flotación Bulk.**

En la Concentradora de Brunswick en Canadá, el concentrado bulk de cobre-plomo es condicionado por 20 minutos con 0,3 kg/t de destrinetannin para deprimir la galena y 0,03 kg/t de carbón activado para absorber exceso de reactivos y contaminantes y entonces el pH es disminuido a 4,8 con el líquido SO<sub>2</sub>, la pulpa es además condicionada a este bajo pH, entonces 0,05 kg/t de Z-200 es adicionada para flotar los minerales de cobre. El concentrado rougher es calentado por una inyección de flujo a 40 °C y entonces es limpiado tres veces para producir un concentrado que contenga 23%Cu, 6%Pb, y 2% Zn.

## **2.2 BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS**

### **2.2.1. FLOTACIÓN DE MINERALES<sup>3</sup>**

La flotación por espumas es un proceso físico - químico de la concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de ciertas partículas de minerales a las burbujas de aire. Tiene por objeto la separación de especies minerales, divididos a partir de una pulpa acuosa, aprovechando sus propiedades de afinidad (hidrofílico) o repulsión (hidrofóbico) por el agua. Las especies valiosas o útiles constituyen una fracción menor del mineral, mientras que las especies no valiosas o estériles constituyen la mayor parte.

El carácter hidrofílico o de afinidad hace que estas partículas se mojen, permanezcan en suspensión en la pulpa, para finalmente hundirse. El carácter hidrofóbico o de repulsión evita el mojado de las partículas minerales que pueden adherirse a las burbujas y ascender.

---

<sup>3</sup> Ing. BRAVO GÁLVEZ, Antonio César - Supervisor de Operaciones. Empresa Minera los QUENUALES S.A. Unidad Minera Yauliyacu "Manual de flotacion". .Pag. 4-5.

Estas propiedades de algunos minerales tienen en forma natural, pero pueden darse o asentarse mediante los reactivos de flotación.

#### **A. MINERALES HIDROFÍLICOS**

Son mojables por el agua, constituidos por: óxidos, sulfatos, silicatos, carbonatos y otros, que generalmente representan la mayoría de los minerales estériles o ganga. Haciendo que se mojen, permanezcan en suspensión en la pulpa para finalmente hundirse.

#### **B. MINERALES HIDROFÓBICOS**

Son aquellos minerales que no son mojables o son poco mojables por el agua, dentro de ellos tenemos:

Los metales nativos, sulfuros de metales o especies tales como: Grafito, carbón bituminoso, talco y otros, haciendo de que evite el mojado de las partículas minerales, que pueden adherirse a las burbujas de aire y ascender

Además se puede observar, que los minerales hidrofóbicos son aerofílicos, ósea tienen afinidad con las burbujas de aire, mientras que los minerales hidrofílicos son aerofóbicos, ósea no se adhieren normalmente a ellas.

## **2.2.2. PROCESO DE LA FLOTACIÓN POR ESPUMAS<sup>4</sup>**

Los minerales hidrofílicos e hidrofóbicos de una pulpa acuosa se pueden separar entre sí, después de ser finamente molidos y acondicionado con los reactivos químicos que hacen más pronunciadas las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas, haciendo pasar burbujas de aire a través de la pulpa. Las partículas hidrofílicas se van a mojar y caer al fondo de la celda de flotación. De esta forma se puede separar un mineral que contiene en los casos más simples dos componentes, un útil y otra estéril, en dos productos: un concentrado de la parte valiosa y un relave que contiene la parte estéril.

## **2.2.3. ELEMENTOS DE LA FLOTACIÓN.**

### **A. FASE SÓLIDA:**

Está representada por los sólidos a separar (minerales) que tienen generalmente una estructura cristalina. Esta estructura es una consecuencia de la comparación química de las moléculas, iones y átomos componentes que son cada uno, un cuerpo completo. Los factores de importancia

---

<sup>4</sup> DOW CHEMICAL COMPANY (DOW. CH. CO) Fundamentos de la Flotación de Minerales

en el proceso de flotación, en lo que se refiere a los sólidos, son los siguientes:

- Carácter de la superficie aireada en la ruptura del sólido (Tipo de superficie, fuerzas residuales de enlaces)
- Imperfecciones en la red cristalina
- Contaminantes provenientes de los sólidos, líquidos y gases.

## **B. FASE LIQUIDA:**

Es el agua debido a su abundancia y bajo precio; y también debido a sus propiedades específicas, constituye un medio ideal para dichas separaciones

La estructura de una molécula de agua investigada por espectroscopia es bastante compleja; aparece que aproximadamente el 46% de los enlaces es covalente y 54% es iónico.

Finalmente hay que subrayar la importancia de las impurezas y contaminaciones que tiene toda agua natural o industrial. En primer lugar hay que mencionar la dureza del agua ósea la contaminación natural causada por sales de calcio, magnesio y sodio. Estas sales y otro tipo de contaminaciones no solo pueden cambiar la naturaleza de

la flotabilidad de ciertos minerales sino también son casi siempre causa de un considerable consumo de reactivos de flotación con los cuáles a menudo forman sales solubles. A parte de la contaminación inorgánica también la contaminación orgánica que puede ser mucho más importante y peligrosa, particularmente si se trata de aguas servidas.

### **C. FASE GASEOSA:**

Es el aire que se inyecta en la pulpa neumática o mecánicamente para poder formar las burbujas que son los centros sobre los cuales se adhieren las partículas sólidas. La función del aire en la flotación tiene distintos aspectos de los cuales los principales son:

- El aire influye químicamente en el proceso de flotación
- Es el medio de transporte de las partículas de mineral hasta la superficie de la pulpa

El aire es una mezcla de nitrógeno (78.10%) y oxígeno (20.96%) con pequeñas cantidades de dióxido de carbono (0,04%) y gases inertes como argón y otros.

#### **2.2.4. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FLOTACIÓN<sup>5</sup>**

En toda operación de flotación intervienen cuatro factores principales, que son:

##### **A. LA PULPA**

Es una mezcla del mineral molido con el agua, y viene a constituir el elemento básico de la flotación ya que contiene todos los elementos que forman el mineral. La pulpa debe reunir ciertas condiciones, es decir que el mineral debe estar debidamente molido a un tamaño no mayor de la malla 48, ni menor a la malla 270, dentro de este rango de tamaño de partículas, se podrá recuperar de una manera efectiva las partículas de los sulfuros valiosos (Esto depende básicamente de la mineralogía de tipo de mineral)

Cuando la pulpa contiene partículas gruesas (mayores a malla 48), debido a una mala molienda, estas partículas tiende a sentarse en el fondo de las celdas de flotación y pueden llegar a plantar el impulsor de la celda, atorar la tubería y causar más trabajo que de costumbre (rebasarían los canales, se atorarían las bombas etc.) Si la pulpa contiene partículas muy finas (menores a malla 270), la

---

<sup>5</sup> Ing. BRAVO GÁLVEZ, Antonio César - Supervisor de Operaciones. Empresa Minera los QUENUALES S.A. Unidad Minera Yauliyacu "Manual de flotacion".

recuperación de los sulfuros valiosos no va ser efectiva ya que se perderían en forma de lamas. Al estar la pulpa aguada, el flotador debe cuidar de que las espumas salgan normalmente de los bancos de limpieza y que no bote mucha espuma en el banco scavenger. Si la pulpa está muy fina, a la vez debe estar muy diluida, significa que estamos pasando menos tonelaje por lo tanto estamos perdiendo capacidad.

#### **A.1. Pulpa**

El circuito de molienda nos entrega, el overflow de los ciclones, un producto al que se le ha chancado y molido y que contiene sulfuros valiosos, ganga y agua; a esto nosotros llamamos pulpa. La pulpa debe cumplir ciertas condiciones tales como: Densidad y pH correcto según se requiera

#### **A.2. Pulpa espesa**

Una pulpa espesa (densidad muy alta) nos indicará molienda gruesa. Si esta pulpa ingresa a los circuitos de flotación, veremos que no flota o flota muy poco, debido a que los reactivos y el aire no pueden levantar granos muy grandes aun cuando se agregan

cantidades enormes de reactivos. Además, se perderían también los sulfuros valiosos en los relaves, por falta de liberación.

### **A.3. Una pulpa muy fina**

Implica que tenemos una pulpa de densidad baja y significará que está pasando menos tonelaje. Si bien la cantidad de pulpa que llega a las celdas es igual, contiene menos sólidos, ya que es una pulpa aguada. Esto quiere decir entonces que hay fuertes pérdidas de tonelaje. Además, cuando la pulpa es muy fina hay exceso de lamas que dificultan la flotación; ensuciando los concentrados, unas veces, y los relaves en otras.

### **A.4. El pH**

Indica la cantidad de cal que contiene el circuito de flotación, esto es, su alcalinidad; a más cal, la pulpa es más alcalina; a menos cal, menos alcalina, en otras palabras el pH no es sino la forma de medir la cal en la pulpa. El factor pH se mide de 0 a 14, con un aparato llamado Potenciómetro; de 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino. El Ph 7 es neutro (ni alcalino ni ácido) y corresponde al agua pura.

## **B. EL AIRE**

Es un factor importante que sirve para la formación de las burbujas (el conjunto de burbujas acompañadas de partículas de sulfuros forman las espumas) que se necesita en las celdas. Por tanto, el aire ayuda a agitar la pulpa.

Las espumas se encargan de hacer subir o flotar los elementos valiosos hacia la superficie de la pulpa, en cada celda o circuito

- El aire se obtiene a través de los ventiladores (Blowers) que ingresa a baja presión (2- 6 lb/pulg<sup>2</sup> = 2-6 PSI) al interior de las celdas de flotación llenas de pulpa. O También la aeración en los tipos de celdas Sub – A es en forma natural o del medio ambiente que ingresan a baja presión al interior de la celda
- Si se usa mucho aire, se está haciendo una excesiva agitación, provocando que las espumas se reviente antes de rebosar por los labios de la celda o salgan conjuntamente con la pulpa, rebalsando las celdas, llevándose consigo a la ganga que no es necesaria
- Cuando se usa poco aire, la columna de espumas es baja e insuficiente no pudiéndose recuperar los elementos valiosos, que se pierden en el relave general. La cantidad de aire se regula de acuerdo a las necesidades requeridas en el proceso.

### **C. LOS REACTIVOS**

Son sustancias químicas que sirven para la recuperación de los sulfuros valiosos, despreciando o deprimiendo a la ganga e insolubles. Mediante el uso de reactivos podemos seleccionar los elementos de valor en sus respectivos concentrados. Para tener un mayor conocimiento de la función específica de cada reactivo, los podemos clasificar en tres grupos: Espumantes, Colectores y modificadores; que posteriormente lo estudiaremos en forma muy detallada todo lo referente a los reactivos químicos. Ya sabemos que en cualquier celda de flotación encontramos agua, aire, mineral molino y reactivos. Estos reactivos son sustancias que gustan y se asocian a uno o más de los elementos valiosos, pero no a los otros.

### **D. LA AGITACIÓN**

La agitación de la pulpa nos permite la formación de las espumas de aire para la flotación, y además nos sirve para conseguir la mezcla uniforme de los reactivos con los elementos que constituyen el mineral de la pulpa, dentro de la celda. Además, la agitación, nos evita el asentamiento de los sólidos contenidos en la pulpa.

Si tomamos en un vaso un poco de rebalse del ciclón y lo dejamos sobre una mesa sin agitarlo, veremos que al cabo de un cierto tiempo todas las partes sólidas se han asentado en el fondo. Si en estas condiciones agregamos un poco de reactivo, ¿Cree usted que se mezclará con todas las partículas? Evidentemente que no. Pero si luego agitamos esta pulpa con una varilla, será posible evitar el asentamiento de las partículas y podremos conseguir que el reactivo entre en contacto con los granos valiosos y actúe sobre ellos

En resumen, podemos decir que la agitación hace los siguientes trabajos:

- No dejar que las partículas se asienten, manteniéndose suspendidos
- Permite una mayor mezcla de los reactivos con la pulpa.
- La agitación en una celda de flotación debe ser moderada. Si es excesiva rebalsa pulpa en lugar de espumas, también hace que se rompan las burbujas y si es insuficiente se achica la espuma y no alcanza a rebalsar

Cuando la agitación es insuficiente, se disminuye la columna de espuma y no alcanza a rebalsar las espumas se achican

y esto ocurre cuando los impulsores están gastadas o cuando hay poco aire (tubos de aire atorados)

Hay deficiencia de agitación de la pulpa en una celda, cuando:

- El impulsor de la celda esta gastada
- El estabilizador esta malogrado
- Las fajas en “v” del sistema de movimiento (polea motriz y polea del árbol de agitación) están demasiado flojas, lo cual hace que la velocidad del impulsor disminuya.

#### **2.2.5. REACTIVOS DE FLOTACION<sup>6</sup>**

Los reactivos de flotación juegan un papel importante en este proceso. Estos al ser añadidos al sistema cumplen determinadas funciones que hacen posible la separación de los minerales valiosos de la ganga. Sin embargo la aplicación adecuada de estos reactivos no siempre resulta una tarea fácil debido a una serie de dificultades técnicas que se presentan durante el proceso. En flotación el rendimiento de los reactivos, sean colectores o espumantes, depende mucho de la composición y constitución mineralógica de la mena.

---

<sup>6</sup> AMERICAN CYANAMID COMPANY “MANUAL DE PRODUCTOS QUÍMICOS” PARA MINERÍA” IMPRESO EN MEXICO 1986, TRADUCIDO POR Ma. ELENA SAUCEDO LOYA, A. GIRALDEZ Y J.A.GUTIERREZ ABRIL 1988

Los reactivos de flotación son sustancias que tienen preferencias de adherencia por los elementos que intervienen en el proceso de flotación, es decir, hay reactivos que prefieren adherirse al aire pero no al agua, hay reactivos que prefieren la roca o partículas estériles pero no los sulfuros, otros prefieren los sulfuros pero no la roca y así sucesivamente.

Es decir, los reactivos son sustancias que se acercan a los elementos de más afinidad ya sea las partículas estériles, las partículas de sulfuro o el agua o el aire se pegan o se adhieren.

#### **A. Tipos de reactivos**

Hay varias clases de reactivos, y según el trabajo que realizan en el proceso de flotación pueden ser:

- Espumantes
- Colectores
- Modificadores de superficies:
  - ✓ Depresores
  - ✓ Activadores
  - ✓ Dispersantes
  - ✓ Reguladores de pH.

### **A.1. Los colectores.**

Cuya función principal es la de proporcionar propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales. Los colectores con compuestos orgánicos de carácter heteropolar. Su grupo polar es la parte activo que los une a la superficie de un mineral en base a un mecanismo de adsorción.

La interpretación de este fenómeno contempla la eliminación de una parte de la capa hidratada con formación de un contacto trifásico entra al aire, el agua y el mineral. La interface solido - líquido y líquido - gas son de gran importancia en la formación de un contacto estable y es precisamente la función de un colector el incluirlas en la dirección deseada.

Flottec 8020 optimiza recuperaciones de Au y Ag en el circuito Pb-Cu.

La combinación del uso de Flottec 8020 y la disminución de depresores, ocasionan principalmente un incremento importante en la recuperación de minerales de valor tales como minerales de Au y minerales de Ag.

Este producto es líquido y tiene propiedades espumantes, por lo que también tiende a disminuir por lo menos en un 50% el uso de espumante en el proceso de flotación.

**Tabla. 2.1 Propiedades del Colector Flottec 8020**  
**PROPIEDADES TÍPICAS**

Apariencia	Líquido café claro
Grav. Específica @ 25°C	1.15
Solubilidad en Agua	Si
Punto de inflamación °C	>93,4°C

Fuente. Ficha técnica del Colector Flottec 8020, Pag. 01.

**Fig. 2.1 Colector Flottec 8020 en cilindro.**



Fuente. Watson Noreña Duran

## **A.2. Los modificadores.**

Que sirven para la regularización de las condiciones del funcionamiento de los colectores y aumenta la

selectividad. Los modificadores por su parte sirven para crear condiciones favorables en la superficie de los minerales para el funcionamiento selectivo de los colectores. En primer lugar están los reguladores de pH, o sea ácidos y bases inorgánicos que mediante un mecanismo iónico influyen la potencial electrocinética y la película hidratada de los minerales. Además están los activantes que son reactivos que favorecen la formación de superficies hidrofóbicas y los depresores, que favorecen la hidratación de superficies de minerales.

### **A.3. Los espumantes.**

Que permite la formación de una espuma estable, de tamaño de burbujas apropiado para llevar los minerales al concentrado.

Los espumantes son reactivos tenso activos de carácter heteropolar, que se adsorben selectivamente en la interface das - líquido para formar una espuma estable. La parte apelar es generalmente un radical orgánico y la parte polar se caracteriza por la presencia de un grupo hidrofílico que contiene nitrógeno como en el caso de la amina aromáticas y piridinas.

Los espumantes a menudo tienen propiedades de colectores y viceversa. Este carácter de funciones dobles generalmente dificulta el estudio de una fórmula de flotación y la tendencia moderna en la síntesis de reactivos de flotación en la etapa de producirlos con una sola función.

#### **2.2.6. FLOTACION DE MINERALES POLIMETÁLICOS SULFURADOS DE Pb, Cu y Zn. 7**

El tratamiento metalúrgico (Azañero, 2010) comprende la obtención de tres concentrados en las siguientes etapas.

1. Flotación bulk Cu-Pb deprimiendo simultáneamente la esfalerita y pirita.
2. Activación y flotación de la esfalerita deprimiendo nuevamente la pirita.
3. Separación del Cu-Pb obtenido en la etapa 1

Alternativas, como flotación bulk Cu-Pb-Zn ó flotación en tres etapas primero el cobre, en seguida el plomo y finalmente el zinc, no son usuales.

---

<sup>7</sup> ANGEL AZAÑERO ORTIZ, Vidal Aramburu Rojas, Janet Quiñones Lavado, Luis Puente Santibáñez, Manuel Cabrera Sandoval, Walter Rengifo Sing, Victor Falconi Rosadio, Juan de Dios Quispe Valdivia **Profesores del Departamento Académico de Ing. Metalúrgica UNMSM - FLOTACION DE MINERALES POLIMETÁLICOS SULFURADOS DE Pb, Cu y Zn.**

### **A.1. Flotación Bulk Cobre-Plomo**

Esta flotación se realiza con una depresión simultánea de sulfuros de zinc y pirita, la flotación cobre – plomo se realiza a pH natural o levemente alcalino utilizando xantatos y ditionofosfatos como colectores, la depresión de la pirita y esfalerita se logra mediante el uso de cal, cianuro, bisulfito y sulfato de zinc en dosificaciones que no afecten la flotación del cobre que es deprimido por el cianuro y el plomo por el bisulfito en concentraciones altas.

Además se debe agregar que el sulfuro de cobre flota entre pH: 3 y 12 y el pH de flotación de la galena está en el rango neutro a ligeramente alcalino, y cuando tiene alto contenido de plata el plomo tiende a deprimirse a pH mayor a 9.5.

### **A.2. Depresión de Esfalerita y Pirita**

Durante la flotación bulk Cu-Pb, la pirita se deprime con cianuro y bisulfito de sodio y la esfalerita con sulfato de zinc. Se ha determinado la existencia de  $\text{Fe}_4 [\text{Fe} (\text{CN})_6]_3$  sobre la superficie de la pirita, no permitiendo que ésta flote.

El bisulfito deprime la pirita, al descomponer los xantatos, dixantógenos y luego el alcohol componente del xantato el motivo por el cual la esfalerita flota indebidamente en el bulk depende de cada mineral, las causas pueden ser:

- a. Asociación mineralógica Cu-Zn ó Pb-Zn
- b. Arrastre de sulfuros de zinc durante la flotación bulk por factores mecánicos.
- c. Activación natural de la esfalerita debido a la presencia de iones metálicos Cu, Ag, As, Sb, Cd, en el mineral ó en el agua de tratamiento.

Los dos primeros factores pueden ser regulados mejorando las condiciones de molienda, dosificación de reactivos y eficiencia de remoción de espumas.

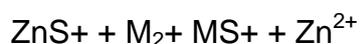
El tercer factor es un tema difícil aunque puede ser parcialmente controlado por dosificación de reactivos depresores tales como el sulfato de zinc, cianuros, bisulfitos o sulfuro de sodio.

### **A.3. Activación y Flotación de Sulfuros de Zinc**

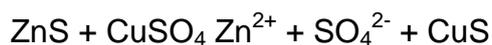
La esfalerita no adsorbe xantatos de cadena corta sin activación previa, esta activación consiste en el recubrimiento de la esfalerita por una capa de un ión

activante que formará una superficie que podrá interactuar con el xantato.

El mecanismo de activación está definido por una reacción general expresada del siguiente modo:



Para la flotación de la esfalerita de las colas de la flotación Cu – Pb, se usa generalmente  $\text{CuSO}_4$  como activante,



Simultáneamente es necesario deprimir la pirita usualmente con cal, por elevación del pH hasta valores entre 8.5 – 12, la pirita en este rango de pH no flota al inhibirse la formación de dixantógenos que es la especie colectora.

#### **A.4. Separación del Cobre / Plomo.**

Estos son clasificados de acuerdo al mineral que va a ser deprimido en:

- ✓ Depresión de minerales de cobre y
- ✓ Depresión de los minerales de plomo

El primer factor a ser considerado es la relación en peso de contenido de cobre / plomo,

En algunos casos de zincado, es una alternativa previa a la separación, cuando se obtenga la liberación y/o desactivación del zinc

En resumen, sumar a los contenidos de minerales de cobre, esfalerita, pirita e insolubles en el caso de usar el procedimiento de depresión con NaCN / ZnOx, ó sumar a la galena los contenidos de pirita, esfalerita e insolubles en el caso de usar dicromato.

### **2.2.7. TEORÍAS SOBRE LA INTERACCIÓN DE MINERAL SULFURO / XANTATO<sup>8</sup>.**

Varias Hipótesis fueron presentadas en el pasado tratando de explicar el mecanismo de acción de los xantatos en la coacción de sulfuros.

Tres mecanismos han sido aceptados para la explicación de la interacción mineral sulfurado/xantato.

---

<sup>8</sup> Ing. OSVALDO PAVEZ (Apuntes de concentración de Minerales) UNIVERSIDAD DE ATACAMA.

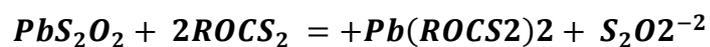
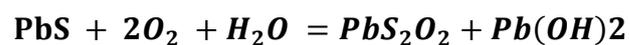
- Teoría química o de la oxidación superficial.
- Teoría de los semiconductores
- Teoría electroquímica

### 2.2.8. TEORÍA QUÍMICA O LA DE OXIDACIÓN SUPERFICIAL.

En medio acuoso alcalino, la mayoría de los minerales sulfurados sufren oxidación superficial. Para el caso particular de la galena, existen numerosos estudios que demuestran que la superficie estaría recubierta por especies oxidadas, especialmente tiosulfato básico de plomo.

La reacción con un xantato ocurriría por mediación de esta capa oxidada, operando un mecanismo de intercambio iónico.

El mecanismo propuesto puede resumirse en las siguientes reacciones:



De esta forma se explica la formación de un recubrimiento de colector formado por xantato de plomo, el que sería responsable de la hidrofobización de la partícula.

Sin embargo, resultados experimentales de varios autores, han mostrado que superficies de plomo recubiertas con este compuesto conservan su hidrofobicidad.

Este mecanismo de oxidación superficial es poco realista para metales como platino y oro, y ha mostrado ser poco importante para cobre y galena, en algunas experiencias en que se ha adicionado xantato a superficies libres de especies oxidadas.

### **2.2.9. TEORÍA DE LOS SEMICONDUCTORES**

Esta teoría presenta una diferencia fundamental como la anterior, puesto que la hidrofobización se atribuye a la formación de una especie oxidada colector, un desulfuro orgánico conocido como dixantógeno, el que se formaría directamente sobre la superficie mineral.

El rol del oxígeno que es un fuerte aceptor de electrones, se interpreta en el sentido que su adsorción tomaría los electrones libres de las capas superficiales del retículo cristalino del sulfuro semiconductor, de tal forma que de semiconductor tipo -n pasaría a semiconductor tipo -p.

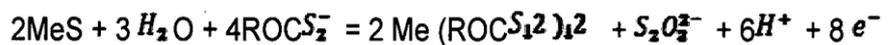
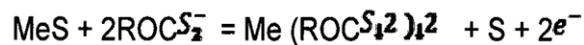
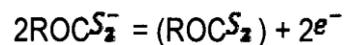
Cuando las bandas de conducción de un sulfuro semiconductor son electrones en exceso, se habla de semiconductores tipo -n (negativos}, mientras que, cuando las bandas están representadas por huecos, se tienen semiconductores tipo -p (positivos).

Así, la adsorción de especies aniónicas, como xantato, estaría favorecida sobre una especie semiconductor tipo -p.

La oxidación de xantato a dixantogeno se producirá por el paso de un electrón a la red cristalina, debido a la presencia de huecos (ausencia de electrones libres). El dixantógeno, por confiriéndole a la superficie una fuerte hidrofobización.

### 2.2.10. TEORÍA ELECTROQUÍMICA.

Según la literatura, el mecanismo más común de interacción entre xantato y sulfuros es de naturaleza electroquímica. Iones xantatos son oxidados a dixantógenos o xantatos del metal, de acuerdo con una de las siguientes reacciones:



Independientemente de la trayectoria de oxidación del xantato, este proceso anódico precisa ser balanceado por una reacción catódica. Uno de los papeles importantes del oxígeno en sistemas xantato /mineral sulfurado es entregar la reacción catódica. El producto real de la reducción de oxígeno en ambiente acuoso puede ser H<sub>2</sub>O o OH<sup>-</sup>, de acuerdo con una de las reacciones:



La primera de estas reacciones es más apropiada para describir el proceso en medio ácido (bajo acción catalítica de la superficie mineral). La segunda reacción es más realista en medio alcalino.

El mecanismo electroquímico es coherente con varias evidencias experimentales, tales como, la presencia de xantato de metal o dixantógeno, la adsorción no uniforme del colector en la superficie (debido a la diferencia de potencial entre varios puntos) y la necesidad de oxígeno para la flotación de sulfuros.

#### **2.2.11. CINÉTICA DE FLOTACION.<sup>9</sup>**

N, Arbiter y C. Harris en su artículo "Flotación Kinetics" del libro *Freth Flotation* (1962) definieron como "Cinética de Flotación" a la variación de la cantidad del producto contenido en la espuma de flotación respecto al tiempo de flotación. Según los citados autores se puede emplear cuatro métodos para determinar la ecuación de cinética de flotación.

---

<sup>9</sup> Ing. QUIROZ I. Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales. Setiembre 1986, Cuzco.

- Empírico
- Semiempírico
- Analógico
- Analítica

El método empírico consiste en graficar la recuperación del producto flotado versus el tiempo y luego encontrar la relación matemática que presente la curva obtenida.

El método semi-empírico consiste en escoger una ecuación diferencial adecuada que integre entre ciertos límites y origine una ecuación que represente los resultados experimentales.

El método analítico utiliza los conceptos hidrodinámicos y de mecanismo de la flotación para establecer la ecuación cinética. De todos los métodos es el analógico el que mayor implicancia representa.

#### **2.2.12. MODELACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN.**

En la práctica, el estudio del sólido finamente dividido se realiza separando las partículas en un número finito de clases de tamaño. Las propiedades como flotabilidad no son modelables por valores únicos ni bien definidos, ni siquiera para especies puras, y no pueden ser consideradas como intrínsecas de las especies minerales, pues varían no sólo con el

acondicionamiento de los reactivos, sino con las condiciones de operación del proceso de separación.

Aún más difícil es predecir la distribución de estas propiedades en el caso de las partículas mixtas.

En forma general, en el proceso de flotación se identifican dos zonas, la zona de colección y la zona de espuma que atribuyen de modo complementario al resultado final del proceso de separación. Sin embargo, la dificultad de expresar los fenómenos físicos y químicos que ocurren en ambas zonas, así como la imposibilidad de medir directamente el transporte de mineral entre ambas zonas, limita el uso y confiabilidad de modelos matemáticos teóricos.

En algunos casos, por ejemplo en flotación columna se ha intentado modelar la zona espuma de columnas industriales con el objeto de evaluar su impacto en la operación.

Existen distintos tipos de modelos para describir el proceso de flotación:

- Modelos Empíricos
- Modelos Probabilísticos
- Modelos Cinéticos

### **A) Modelos Empíricos**

Los modelos empíricos se basan en la realización de una serie de experimentos, de los cuales se recopila una gran cantidad de datos que deben ser analizados para entregar una información coherente.

Tiene la desventaja que no permite realizar extrapolaciones con los datos obtenidos. Estos modelos pueden ser adaptivos o no. Los modelos fenomenológicos son difíciles de describir ya que son sistemas complejos, que poseen una gran cantidad de variable. (Yanatos, 2005).

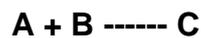
### **B) Modelos Probabilísticos**

Estos modelos son utilizados para realizar el diagnóstico de la operación, comparar reactivos de flotación, etc. Además con estos modelos se puede caracterizar el comportamiento del mineral frente a diferentes tipos y dosis de reactivos, pH de trabajo, etc.

### **C) Modelos Cinéticos**

Este modelo reconoce el comportamiento exponencial de primer orden, para determinar la cinética de flotación.

La formación del agregado partícula - burbuja en la zona de colección se puede asimilar a una reacción química como se muestra.



Sin embargo, la flotación no sólo consiste en la formación del agregado sino que además, se necesita la separación del mineral sólido, es decir, el transporte a la espuma y finalmente al concentrado.

En la práctica, a pesar de las complejidades del proceso de flotación, la variación de la concentración normalmente se puede presentar por un sistema simple de primer orden, el cual se adecúa a la respuesta del proceso. El sistema real analizado en la sección específicamente se simplifica a una corriente de entrada y dos de salida, es decir a una caja negra.

Para esta operación en particular, se tiene que la variación másica de mineral es proporcional a la masa del mineral en la zona de colección, dada por la ecuación. (Yianatos, 2005)

$$\frac{dm}{dt} = -k \cdot m$$

### 2.2.13. ASPECTOS DEL PROCESO DE FLOTACION<sup>10</sup>

Algunos metalurgistas han señalado en sus estudios que en el proceso de flotación de espumas hay más de 32 variables. Southerland y Wark las han clasificado meridianamente en tres grupos importantes de variables y son:

**Grupo 1.-** Variables que dependen de los componentes químicos tales como:

- ✓ Dosificación y potencia de los reactivos.
- ✓ Colectores.
- ✓ Espumantes.
- ✓ Modificadores: Activadores Depresores Modificadores de pH. (Eh) pH (Eh) de mejor selectividad. Es decir, todo lo que concierne al comportamiento físico- químico para lograr la hidrofobización del mineral valioso dentro del ambiente de la celda.

**Grupo 2.-** Variables que dependen de los componentes de equipamiento: Diseño de la celda convencional. Diseño de la

---

<sup>10</sup> Ing. BRAVO GÁLVEZ, Antonio César - Supervisor de Operaciones. Empresa Minera los QUENUALES S.A. Unidad Minera Yauliyacu "Manual de flotación".

celda columna. Agitación de la pulpa (RPM). Configuración del banco de celdas. Remoción de la espuma. Es decir, todo lo que concierne al comportamiento hidrodinámico que involucra el movimiento partícula-burbuja-fluido dentro del ambiente de la celda de flotación de espumas.

**Grupo 3.-** Variables que dependen de los componentes de operación:

- ✓ Velocidad de alimentación ( $m^3/h$ ) o GPM).
- ✓ Tiempo de retención Mineralogía y ley de la mena.
- ✓ Tamaño de partículas (densidad y forma).
- ✓ Grado de liberación (grado de disseminación).
- ✓ Grado de oxidación (degradación) pH natural del mineral.
- ✓ Densidad de pulpa (% de sólidos).
- ✓ Temperatura.
- ✓ Flujo de aire (psi, Pa).
- ✓ Remoción de la espuma (natural o mecánica).

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

- **Flotación.** Operación unitaria de la metalurgia extractiva para separar el mineral valioso utilizando métodos fisicoquímicos y

obtener las pulpas de concentrados de Plomo, Cobre y Zinc. En la flotación del mineral intervienen elementos que hacen posible que el mineral valioso flote adherido a las burbujas de aire.

- **Celdas de flotación.** Equipo cuya finalidad es la de dar condiciones para la separación del mineral valioso de la pulpa por medio de métodos fisicoquímicos, reactivos y aire.
- **Colector Flottec 8020.** Flottec 8020 en el circuito Pb-Cu permite reducir o eliminar depresores. Flottec 8020 se distingue especialmente por ser un colector que tiene poca afinidad para flotar minerales de Zn tales como Marmatita y Esfalerita durante la flotación Pb-Cu. Es por ello que cuando se utiliza Flottec 8020 en la flotación Pb-Cu, el uso de depresores de Zn tales como Sulfato de Zinc, NaCN, Mixtura (complejo) o Metabisulfito, se ven reducidos en por lo menos un 50%, llegando incluso con algunos minerales, a eliminar totalmente el uso de depresores. Flottec ya ha demostrado en la flotación de Zn que es posible trabajar con colectores selectivos que han permitido eliminar el uso de depresores como lo es la cal para la flotación de Zn.
- **Reactivos químicos.** Productos orgánicos e inorgánicos cuya finalidad es la de otorgar las características específicas a cada mineral, preparándolo para su posterior separación.

- **Flotación.** Operación unitaria de la metalurgia extractiva para separar el mineral valioso utilizando métodos fisicoquímicos y obtener las pulpas de concentrados de Plomo, Cobre y Zinc. En la flotación del mineral intervienen elementos que hacen posible que el mineral valioso flote adherido a las burbujas de aire.
- **Celdas de Flotación.** Equipo cuya finalidad es la de dar condiciones para la separación del mineral valioso de la pulpa por medio de métodos fisicoquímicos, reactivos y aire.
- **Reactivo Químico.** Productos orgánicos e inorgánicos cuya finalidad es la de otorgar las características específicas a cada mineral, preparándolo para su posterior separación.
- **Pulpa.** Mezcla de mineral y agua cuya finalidad es hacerla fluida.
- **Concentrado Bulk.** Resulta del beneficio simultáneo de las especies de Plomo y Cobre, es decir que en concentrados de este tipo ambos elementos se encuentran presentes mayoritariamente.
- **Flotación por espumas.** Flotación directa, cuando en la espuma se tiene al mineral valioso concentrado y en la pulpa el mineral de ganga relave.
- **Flotación por películas.** Flotación reversa o inversa, cuando en las espumas se capta a la ganga y en la pulpa queda el mineral

considerado de valor como relave que es recuperado posteriormente.

- **Flotación bulk o colectiva**, en la cual se obtiene en un concentrado todos los minerales valiosos contenidos en la mena y un relave con el material sin valor o ganga.
- **Flotación selectiva o diferencial**, la cual por la acción selectiva de los reactivos permite obtener en un concentrado un sólo mineral valioso, es decir, en mayor concentración.
- **Espumante**. Tienen como propósito la creación de una espuma capaz de mantener las burbujas cargadas de mineral hasta su extracción de la máquina de flotación (celdas)
- **Colector**. Es el reactivo fundamental del proceso de flotación puesto que produce la película hidrofóbica sobre la partícula del mineral
- **Modificadores**. Actúan como depresores, activadores, reguladores de pH, dispersores, etc. Facilitando la acción del colector para flotar el mineral de valor, evitando su acción a todos los otros minerales como es la ganga.
- **Cianuro de Sodio (NaCN)**. Son cristales en forma de pellets de color blanquecino, se usan para el recubrimiento y depresión de minerales sulfurados de hierro, cobre y zinc. Los iones de estos metales, forman unos complejos bien estables con el cianuro;

asimismo se ha determinado que los minerales con iones metálicos, los cuales no forman tales compuestos con cianuro, por decir: el Pb, Bi, Sn, Sb y As, no son deprimidos por el cianuro. También es depresor de la sílice en medio ácido

- **Xantatos.** Los xantatos o xantogenatos son sales de ácido xantogénico, y se encuentran entre los primeros colectores orgánicos solubles en agua y de aquí que su adopción fuera inmediata y amplia. Los xantatos pueden oxidarse, convirtiéndose en este caso en dialquil xantogenurs. Las soluciones acuosas de los xantatos se hidrolizan formando los ácidos xantogénicos. La hidrólisis de los xantatos aumenta con la reducción del pH del medio; mientras que las soluciones acuosas de xantatos en medios alcalinos son bastante estables.
- **Xantato Isopropílico de Sodio (Z - 11).** Este xantato ha llegado a ser el más ampliamente usado de todos los xantatos debido a su bajo costo y elevado poder colector. Generalmente es un poco más lento que los xantatos de etílico y a menudo puede sustituirlos con una definida reducción en la cantidad y costo de colector requerido. Se han obtenido aplicaciones muy exitosas en la flotación de prácticamente todos los minerales sulfurados. Se emplea en gran escala en la flotación de cobre, plomo y zinc; minerales complejos de plomo-zinc y cobre-hierro, en los que los principales minerales

sulfurosos son: calcopirita, calcocita, enargita, galena, esfalerita, marmatita, pirita y pirrotita.

- **Sulfato de Zinc  $ZnSO_4$ .** El  $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ , son cristales incoloros; es uno de los reactivos reguladores principales de acción depresoras, utilizada para la flotación selectiva de minerales de cobre y plomo de la esfalerita. Generalmente, se emplea en medio ligeramente alcalino en combinación con otros reactivos: NaCN, NaS,  $NaHSO_3$  y otros. No obstante en la práctica se conocen casos en que el  $ZnSO_4$  sirve como depresor independiente de la blenda de zinc, asegurando una supresión eficaz del mineral; y también es un depresor de pirita.
- **Sulfato de Cobre  $CuSO_4$ .** El  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , sulfato de cobre con 5 moléculas de agua, forma cristales azules brillantes asimétricos del sistema triclínico con una densidad de 2,28 g/ml. Es un activador de la esfalerita, también pirita, calcopirita, pirotita, arsenopirita y cuarzo. La materia prima para la fabricación del sulfato de cobre sirve el ácido sulfúrico y cobre en forma de chatarra y desperdicios en la industria de labrado de metales o productos metalúrgicos semielaborados
- **Promotor Aerophine (A-3418).** Es un colector único basado en fosfina originalmente desarrollado para la flotación de cobre y minerales de zinc activados y ahora reconocido por sus propiedades selectivas en minerales complejos, polimetálicos y sulfuros masivos.

Exhibe aun fuerza, selectividad contra sulfuros de hierro, esfalerita no activada y elementos de penalización y otras propiedades que incluye:

- Bajo nivel de espuma, incluso en minerales que contienen minerales de arcilla.
- Cinética de flotación rápida y recuperación estable de la ley.
- Buena colección de partículas medianas gruesas.
- Altamente estable y resistente a la hidrolisis y la oxidación.
- Bajo impacto ambiental.

## **2.4 HIPÓTESIS.**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.**

- El colector Flotec 8020 influye en la calidad del concentrado de la flotación Bulk de la Empresa Minera NEXA Resources - Unidad el Porvenir – Pasco 2018

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO.**

- La calidad del concentrado y recuperación de la flotación bulk es moderada utilizando el colectos Aerophine 3418.
- Las pruebas de flotación bulk con el colector Flotec 8020 nos determina las condiciones de operación.
- El análisis del balance metalúrgico nos determina las condiciones de operación y la mejor recuperación.

## **2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- Efecto del Colector Flottec 8020.

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

- Calidad del concentrado bulk de la Empresa Minera Nexa Resource – Unidad el Porvenir.

### **2.5.3. VARIABLE INTERVINIENTE**

- Tipo de mineral que entra al tratamiento.
- Ley del mineral.
- Contenidos finos
- Insolubles.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACION**

El tipo de investigación que se aplicó al estudio es aplicada, debido a que se dio soluciones reales en el campo industrial como en el circuito de flotación bulk de la planta concentradora. Además, se realizó la manipulación de variables independientes que se aplicó al estudio de la influencia del colector Flottec 8020 en la recuperación de la flotación Bulk.

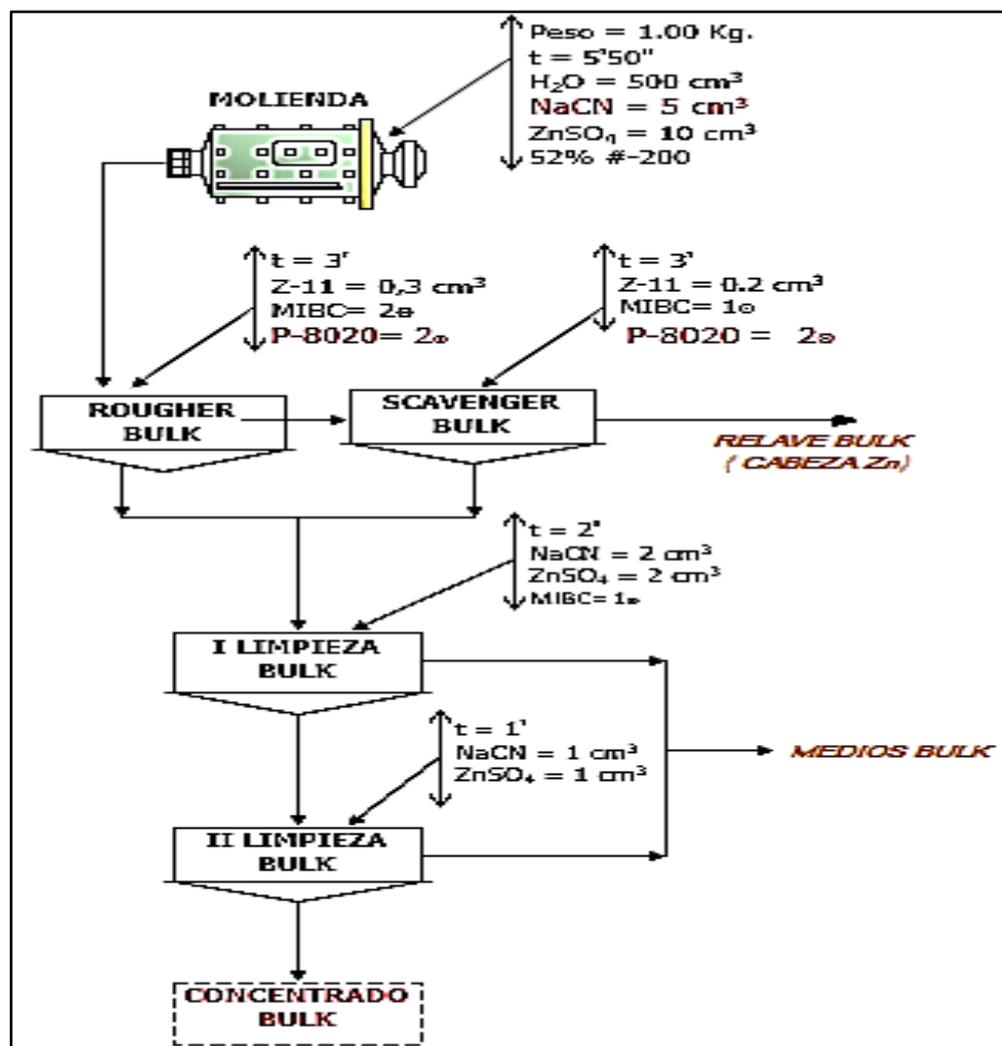
**Aplicada**, por qué la investigación plantea soluciones reales en operación, con la finalidad de obtener la mejora de la calidad del concentrado bulk.

### 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

La ejecución del estudio se realizó siguiendo la metodología aplicado en el campo de la ingeniería metalúrgica.

A continuación se presenta el diseño de las pruebas experimentales a nivel del laboratorio metalúrgico en la empresa Nexa Resource.

Fig. 3.2. Diseño de investigación para Flotación Bulk.



Fuente. Laboratorio Metalúrgico Nexa Resources.

Para determinar la cantidad de pruebas experimentales se aplicó el diseño Factorial

$$N=2^k$$

Donde:

N = número de pruebas a realizar

k = Numero de factores

A continuación se presenta los pasos para la realización de las pruebas experimentales.

- ✓ El mineral composito mensual disponible muestreado debe hacerse pasar por una chancadora (Quijada) de laboratorio para obtener 100% malla (M-10).
- ✓ Seguir el procedimiento de preparación de muestra homogenizar y cuartear el mineral en paquetes de 1000 gr para después realizar pruebas de cinética de molienda y flotación con cada una de ellas.
- ✓ Preparar los reactivos que se va utilizar con una balanza de precisión de 2 dígitos. (La dosificación de reactivos se mantienen de la prueba estándar que maneja el laboratorio metalúrgico de Nexa, solamente se cambia el colector a evaluar por el colector que será sustituido).
- ✓ Después de traspasar completamente el producto de molienda a la celda de flotación, iniciar la agitación de la pulpa a una velocidad

definida (150 RPM). Llevar la pulpa a un nivel adecuado para el acondicionamiento, aproximadamente 1,5 cm bajo el nivel de rebalse.

- ✓ Medir el pH natural de la pulpa y si corresponde agregue lechada de cal para obtener el pH de la prueba.
- ✓ Una vez alcanzado el pH de operación se retira el pH-metro y se agrega los reactivos (colector - espumante). Acondicione por 5 minutos. De estos los 4 primeros sin aire y el último minuto con un flujo mínimo regulado con el rotámetro. Asegúrese de tener en posición la bandeja para recoger el concentrado.
- ✓ Al completar el tiempo de acondicionamiento, regule lentamente el flujo de aire hasta el valor indicado. Si es necesario, agregue agua con el mismo pH de la pulpa y concentración del espumante de manera de alcanzar un nivel que permita la correcta descarga de espuma mineralizada (concentrado) hacia la bandeja.
- ✓ Se debe preparar varias bandejas de colección de concentrado para así recoger el producto a distintos etapas de flotación e intervalos de tiempo.
- ✓ Durante el transcurso de la flotación, la remoción de concentrado debe ser apoyada por un paleteo sistemático (20 a 25 paletadas por minuto). El nivel de pulpa debe ser mantenido agregando agua

de reposición, la mínima necesaria y al mismo pH y concentración de espumante que la pulpa.

- ✓ Terminado el tiempo de flotación, se detiene primero el flujo de aire y luego la agitación. Finalmente, se limpia adecuadamente el labio de la celda y procede con el filtrado, secado una vez que los concentrados y relave se encuentra seco se pesa y se prosigue con el pulverizado para análisis químico tanto el concentrado como el relave.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.1.1. POBLACIÓN.**

La población está constituido por el mineral fresco muestreado que ingresa a la planta concentradora 6500 TMSPD.

#### **3.1.2. MUESTRA.**

La muestra es el Mineral composito mensual de los meses Marzo, Abril y Mayo en promedio de 45 Kg por cada mes.

El mineral composito mensual es recolectada de la siguiente manera: la planta concentradora trabaja en dos guardias que están comprendidas la guardia "A" que inicia desde las (4:00 a.m.) y termina a las (4:00 p.m.) y la guaria "B" que inicia las (4:00 p.m.) y termina (4:00 a.m.).

La muestra cabeza es recolectada mediante un cortador que muestrea de forma automática que están instalados entre las fajas 11-A que alimenta al molino primario uno (MP-1) y la faja 11-B que alimenta al molino primario dos (MP-2), en donde estos cuarteadores cortan el mineral cada cuarenta y cinco (45) minutos en una bandeja de donde el personal encargado recoge la muestra.

### 3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se aplicara el método científico que postula la duda fundamentada en el análisis y la síntesis de los problemas. Además se apoyara en los métodos complementarios de la inducción, deducción, explicativo, etc.

- **Inductivo-Deductivo:** Mediante este método se realizara la indagación previa para llegar finalmente al análisis específico de la influencia del colector Flottec 8020 en la recepción de la flotación Bulk.
- **Explicativa:** Durante las pruebas experimentales se hará la respectiva explicación de la causa y el efecto de cada etapa de las pruebas.

### 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas usadas en la investigación son:

- **Observación:** Mediante esta técnica se toma apuntes de los fenómenos de ocurrencia en las pruebas experimentales.
- **Cuaderno de apuntes:** Para anotar los detalles del proceso, cálculos, incidentes de las pruebas y otros que se presentaron en el proyecto.
- **Formato de Pruebas:** Formato usado para tomar nota los parámetros y resultados de las pruebas metalúrgicas y de medición de reactivos en la planta concentradora.
- **Análisis documental:** Se realizara análisis de datos de fuentes primarias.

### 3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

- **Muestreo.** El muestreo de cabeza de mineral se realiza a cada dos horas durante toda la guardia y cada muestra obtenida durante esas dos horas se procede a preparar según el PETS de preparación de muestra para poder almacenarlo en el cilindro de composito mensual.
- El muestreo en pulpa de los concentrados en la etapa de prueba en la planta concentradora se ha realizado un corte a cada una hora en la espumas de celdas de flotación.
- **Preparación.** En esta etapa nos referimos a la preparación de muestra de composito mensual para realizar las pruebas de cinética de molienda y flotación que consiste en pasar por la

chancadora de quijada y pasar al 100% -M10 y homogenizar y cuartear y separar las muestras de 1Kg para las pruebas.

- **Análisis químico.** Los datos de la investigación se han obtenido por análisis químico, usando el equipo de Absorción Atómica, para determinar la ley de cabeza y también la calidad de cada etapa de las pruebas de flotación. Este trabajo fue realizado por personal de la empresa especializada Bureau Veritas Inspectorate.
- **Control de dosificación de reactivos.** Este control se ha realizado dos veces por día en la planta cuando se puso a prueba el nuevo colector se ha controlado la densidad de los reactivos para ver la concentración y la dosificación para cada reactivo en cada etapa.

### **3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS**

El tratamiento estadístico se realizó aplicando el paquete estadístico Statgraphics versión 16.1, el cual nos permitió realizar el análisis de los efectos del colector Flottec 8020 en la recuperación de la flotación bulk. También se utilizó la hoja de cálculo Excel para realizar el Balance Metalúrgico de las pruebas experimentales.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1. ANÁLISIS QUÍMICO

El mineral que es enviado a la planta concentradora procedente de la mina y muestreado en la faja de alimentación a los molinos tiene la siguiente:

Tabla 4.1 Ley de Cabeza

<b>LEY DE CABEZA ENSAYADA</b>					
<b>Ag Oz/TM</b>	<b>Cu %</b>	<b>Pb %</b>	<b>Zn %</b>	<b>Fe%</b>	<b>Bi%</b>
1,564	<b>0,10</b>	0,63	<b>2,24</b>	19,43	0,06

*Fuente: Laboratorio Químico*

#### 4.1.2. ANÁLISIS MINERALÓGICO

Se realizaron los estudios y análisis por microscopía óptica cuantitativa, para identificar como se encuentran las especies mineralógicas en nuestro proceso.

Fotografía 4.1 Concentrado Bulk (Cu-Pb)



Fuente: Gladys Ocharan.

Tabla 4.2 Microscopía óptica de concentrado Bulk

Tipo de Muestra:		Concentrado Cu-Pb					
Fecha:		Composito mayo 2018					
Especie	N° de Part	% Vol	cp	ef	py	gn	GGs
cp	164	26,28	26,28				
ef	43	6,89		6,89			
py	59	9,46			9,46		
gn	212	33,97				33,97	
GGs	37	5,93					5,93
Parcial libres	<b>515</b>	<b>82,53</b>	<b>26,28</b>	<b>6,89</b>	<b>9,46</b>	<b>33,97</b>	<b>5,93</b>

Fuente: Gladys Ocharan

### **4.1.3. PRUEBA DE MOLIENDABILIDAD**

Se tomaron 4 kilogramos de muestra de mineral del compósito del mes de abril y mayo, que se preparó a malla -10 y se sometieron a diferentes tiempos de molienda desde 0 hasta 12 minutos. Cada muestra se tuvo separado en una bolsa para conservar sus propiedades del mineral.

#### **Equipos Utilizados:**

- Un molino de bolas de laboratorio tipo Denver de 30 cm de diámetro por 30 cm de longitud para la molienda a diferentes tiempos de cada fracción estrecha.
- Un conjunto de tamices de la serie Tyler así: -10

#### **Condiciones de Molienda:**

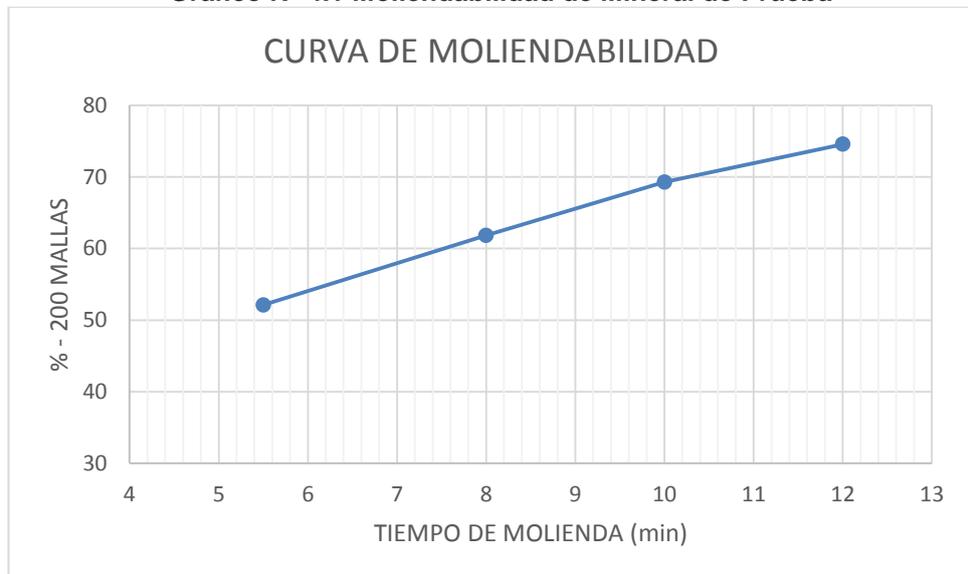
- Cantidad de Mineral: 1000 gramos.
- Agua: 500 cc
- Malla de la serie Tyler: 200
- Bandeja para el lavado
- Porcentaje de llenado del Molino,  $J = 40\%$ .
- Potencia del motor: 1,5 H. P
- Porcentaje de Velocidad Crítica: 70%.
- Porcentaje de Poros en el Lecho de Bolas: 40%
- Tamaño de Bolas: 1", 1 ¼", 1 ½".

**Tabla 4.3 Moliendabilidad del Mineral polimetálico**

TIEMPO (minutos)	% - 200 mallas
5,50	52,12
8	61,83
10	69,29
12	74,57
52% - 200 mallas= 5' 50"	

Fuente: Watson NOREÑA D.

**Gráfico N° 4.1 Moliendabilidad de Mineral de Prueba**



Fuente: Watson NOREÑA DURAN D.

m	3,47	40,40	b
	0,22	1,59	
R <sup>2</sup>	0,99	0,97	
F	256,30	2,00	
	241,09	1,88	
t	16,01	4,30	t c

$$Y = b + mX$$

$$Y = 40,60 + 3,47X$$

Y =	52	% -200 M
X =	5:52	minutos

## 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.2.1. COMPOSITO DE FLOTACIÓN BULK UTILIZANDO AEROPHINE 3418

A continuación se realizó la prueba de flotación bulk con la muestra del composito del mes de mayo y el resultado de análisis químico y sus respectivas recuperaciones que se está trabajando con Aerophine 3418 se presenta en la tabla 4.4.

#### Condiciones de operación:

##### Molienda

Peso de Mineral	:	1000 g
Granulometría	:	52% -200 mallas
NaCN	:	50 g/TM
ZnSO <sub>4</sub>	:	100g/TM
Tiempo de molienda	:	5' 50"
S/L	:	1/2

##### Flotación

Acondicionamiento	:	---
NaCN	:	30 g/TM
pH flotación	:	7
Z-11	:	6 g/TM
MICB	:	32 g/TM
Aerophine 3418	:	20 g/TM
Tiempo de flotación	:	10 min

**Tabla 4.4 Balance Metalúrgico de prueba con el compuesto**

PM-01	PESO	ENSAYES				RECUPERACIÓN			
Producto	Kg	Ag Oz/TM	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	1,10	<b>61,73</b>	<b>17,88</b>	12,69	15,01	5,19	<b>20,13</b>	2,07	0,76
Conc. Pb	10,17	<b>70,14</b>	0,70	<b>52,36</b>	6,54	54,69	7,31	<b>79,28</b>	3,06
Conc. Zn	38,63	5,66	1,30	1,33	<b>49,74</b>	16,76	51,59	7,65	<b>88,52</b>
Relave	923,50	0,33	0,02	0,08	0,18	23,36	18,97	11,00	7,66
Cabeza	973,40	<b>1,34</b>	<b>0,10</b>	<b>0,69</b>	<b>2,23</b>	100,00	98,01	100,00	100,00
<b>Bulk (Cu-Pb)</b>	11,27	<b>69,32</b>	<b>2,37</b>	<b>48,50</b>	<b>7,36</b>	59,87	27,45	81,35	3,82

Fuente: Watson NOREÑA DURAN.

#### 4.2.2. PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el fin de analizar la influencia de los factores que intervienen en la recuperación de la flotación bulk como: el Flottec 8020, MIBC, NaCN, y el efecto que tienen estos en la calidad de concentrado bulk (Cu-Pb), se aplicó el diseño factorial  $2^3$  y una prueba central, ya que dicho proceso es lineal, por lo que se justifica la aplicación de dicho arreglo experimental.

**Tabla 4.5 Factores que influyen en la flotación Bulk (Cu-Pb).**

Factores	Niveles		
	-	0	+
X <sub>1</sub> : MIBC g/TM	32	37	42
X <sub>2</sub> : NaCN (g/TM)	40	45	50
X <sub>3</sub> : Flottec 8020 (g/TM)	15	20	25

Fuente: Watson NOREÑA DURAN.

Determinando el número de pruebas experimentales aplicamos la siguiente:

$$N = 2^k$$

$$N=2^3= 8 \text{ pruebas experimentales}$$

La siguiente tabla N° 4.6 muestra el arreglo factorial con el porcentaje de recuperación del concentrado Bulk, después de

haber realizado las 8 pruebas experimentales, en el laboratorio metalúrgico de Nexa Resource Unidad el Porvenir.

**Tabla 4.6 Arreglo Factorial de la pruebas de flotación Bulk (Cu-Pb).**

	BLOQUE	MICB	NaCN	Flottec 8020	Recuperación Bulk
		g/T	g/T	g/T	%
1	1	32.0	40.0	15.0	76.34
2	1	42.0	40.0	15.0	78.25
3	1	32.0	50.0	15.0	81.01
4	1	42.0	50.0	15.0	83.75
5	1	37.0	45.0	20.0	87.40
6	1	32.0	40.0	25.0	87.42
7	1	42.0	40.0	25.0	84.98
8	1	32.0	50.0	25.0	85.23
9	1	42.0	50.0	25.0	85.78

*Fuente: Watson NOREÑA DURAN.*

#### 4.2.3. INFLUENCIA DE LOS FACTORES EN LA FLOTACIÓN BULK

A continuación presentamos los resultados de los efectos e interacciones de las corridas con el paquete estadístico Statgraphics Versión 16.1, que se muestra en las tablas 4.7 y el gráfico 4.2

**Tabla 4.7 Efectos estimados para Recuperación Bulk (%)**

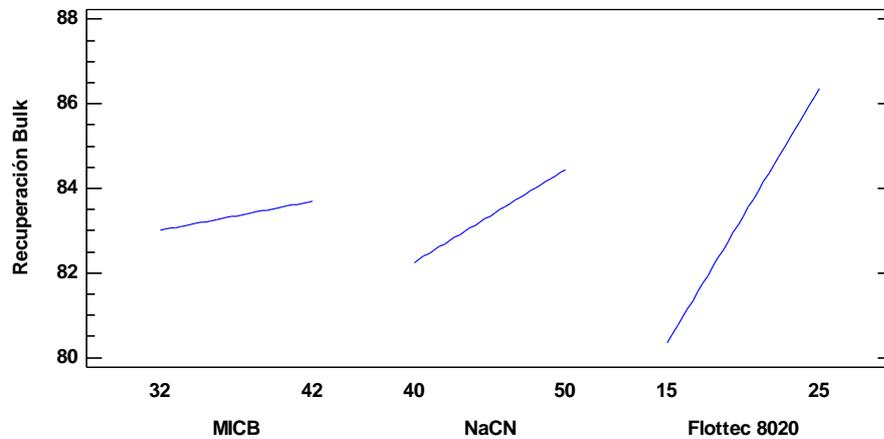
<b>Efecto</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estd.</b>	<b>V.I.F.</b>
Promedio	83,3511	1,0281	
A:MICB	0,69	2,18093	1,0
B:NaCN	2,195	2,18093	1,0
C:Flottec 8020	6,015	2,18093	1,0
AB	0,955	2,18093	1,0
AC	-1,635	2,18093	1,0
BC	-2,89	2,18093	1,0

Errores estándar basados en el error total con 2 g.l.

**Fuente.** Resultados del Statgraphics Versión 16.1.

También presentamos en el gráfico 4.2 los efectos principales de los factores que intervienen en la flotación Bulk (Cu-Pb).

**Gráfico 4.2 Efectos principales para la recuperación Bulk**

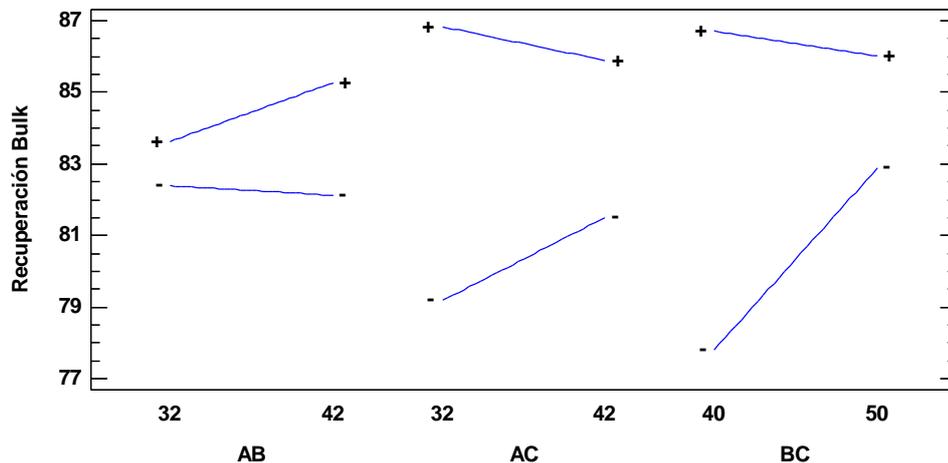


**Fuente:**

*Watson NOREÑA DURAN.*

En el siguiente gráfico 4.3 presentamos para el análisis si la combinación de los factores tiene efecto en la flotación bulk de Cu-Pb.

**Gráfico 4.3 Interacción para recuperación Bulk**



**Fuente:** *Watson NOREÑA DURAN.*

Como notara en este diseño no se han corrido pruebas centrales, en este caso se asume que la interacción representa el error acumulativo del proceso desarrollado, siempre y cuando no exista interacción o que el valor de

significancia sea muy pequeño.

Para corroborar los análisis desarrollados aplicamos el Análisis de Varianza del proceso, ver tabla 4.8

**Tabla 4.8 Análisis de Varianza para Recuperación Bulk - Diseño Factorial 2<sup>3</sup>**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:MICB	0,9522	1	0,9522	0,10	0,7817
B:NaCN	9,63605	1	9,63605	1,01	0,4202
C:Flottec 8020	72,3605	1	72,3605	7,61	0,1102
AB	1,82405	1	1,82405	0,19	0,7042
AC	5,34645	1	5,34645	0,56	0,5316
BC	16,7042	1	16,7042	1,76	0,3163
Error total	19,0259	2	9,51294		
Total (corr.)	125,849	8			

R-cuadrada = 84,882 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 39,528 por ciento

Error estándar del est. = 3,08431

Error absoluto medio = 0,899753

Estadístico Durbin-Watson = 2,25

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,142295

**Fuente:** Watson NOREÑA DURAN.

Como consecuencia de la variación de los factores espumante (MICB), NaCN y Flottec 8020 y consecuentemente la recuperación Bulk Cu-Pb, se ha establecido el siguiente modelo matemático lineal, dicho modelo se desarrolló en base a la información obtenida en laboratorio.

El modelo matemático del análisis se presenta en la siguiente tabla 4.9 del coeficiente de regresión para la recuperación Bulk (Cu-Pb)

**Tabla 4.9 Coeficiente de regresión para Recuperación Bulk**

<b>Coeficiente</b>	<b>Estimado</b>
Constante	14,4741
A:MICB	-0,1365
B:NaCN	0,6688
C:Flottec 8020	4,4124
AB	0,0191
AC	-0,0327
BC	-0,0578

**Fuente:** Watson NOREÑA DURAN.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Recup Bulk} = 14,474 - 0,136 \cdot \text{MICB} + 0,668 \cdot \text{NaCN} + 4,412 \cdot \text{F 8020} + 0,019 \cdot \text{MICB} \cdot \text{NaCN} - 0,032 \cdot \text{MICB} \cdot \text{F 8020} - 0,057 \cdot \text{NaCN} \cdot \text{F 8020}$$

Con los factores influyentes en el proceso reemplazando en el modelo matemático los valores +1 y -1 de los factores nos permitió predecir los valores estimados de la recuperación del concentrado bulk Cu-Pb, como lo podemos ver en la tabla 4.10

**Tabla 4.10 Resultados Estimados para Recuperación Bulk**

	<b>Observados</b>	<b>Ajustados</b>	<b>Inferior 95.0%</b>	<b>Superior 95.0%</b>
<b>Fila</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>para Media</b>	<b>para Media</b>
1	76,34	77,1161	64,8014	89,4308
2	78,25	78,4861	66,1714	90,8008
3	81,01	81,2461	68,9314	93,5608
4	83,75	84,5261	72,2114	96,8408
5	87,40	83,3511	78,9275	87,7747
6	87,42	87,6561	75,3414	99,9708
7	84,98	85,7561	73,4414	98,0708
8	85,23	86,0061	73,6914	98,3208
9	85,78	86,0161	73,7014	98,3308

Promedio de 1 puntos centrales = 87.4

Promedio de las predicciones del modelo al centro = 83.3511

**Fuente:** Watson NOREÑA DURAN.

Los valores óptimos del proceso están en la dirección que se establecieron en el análisis preliminar de la tabla 4.11, donde se tuvo una recuperación óptima de 87,6561

**Tabla 4.11 Optimizar Respuesta**

Meta: maximizar Recuperación Bulk

Valor óptimo = 87,6561

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
MICB	32,0	42,0	32,0
NaCN	40,0	50,0	40,0
Flottec 8020	15,0	25,0	25,0

**El StatAdvisor**

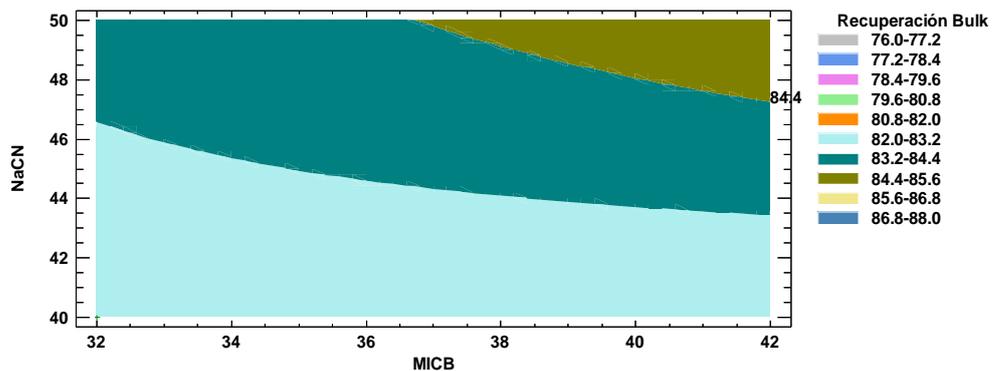
Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Recuperación Bulk sobre la región indicada.

**Fuente:** Watson NOREÑA DURAN.

El análisis de superficie respuesta de recuperación de la flotación bulk en el gráfico 4.4, podemos establecer que los parámetros óptimos para el espumante MICB se encuentra en 32 g/t, el NaCN en 40 g/t y el Flottec 8020 en 25 g/t, lográndose una recuperación de flotación bulk de 86,8% a 88%.

**Gráfico 4.4 Contorno de recuperación de flotación Bulk**

Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada  
Flottec 8020=20.0

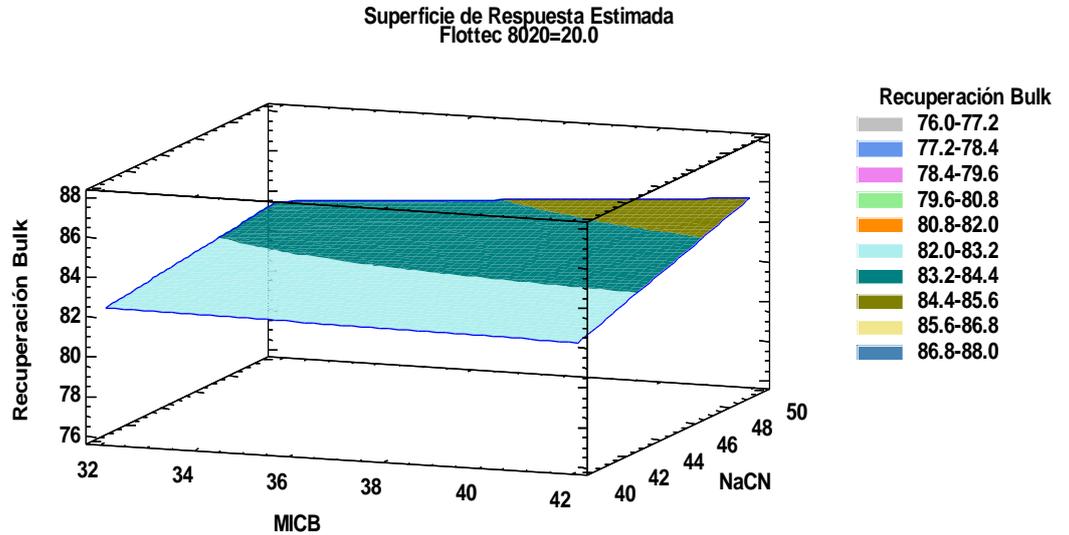


**Fuente:** Statgraphics versión 16.1

El análisis del gráfico espacial de superficie respuesta de la flotación bulk en gráfico 4.5, podemos establecer que la máxima recuperación de concentrado Bulk también se encuentra entre

86,8 a 88% para condiciones óptimas de MICB, NaCN y Flottec 8020 respectivamente.

**Gráfico 4.5 superficie respuesta de recuperación de la flotación bulk**



Fuente: Statgraphics Versión 16.1

### 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

#### 4.3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

$H_0$ : El colector Flotec 8020 no influye en la calidad del concentrado de la flotación Bulk de la Empresa Minera NEXA Resources - Unidad el Porvenir – Pasco 2018

$H_1$ : El colector Flotec 8020 influye en la calidad del concentrado de la flotación Bulk de la Empresa Minera NEXA Resources - Unidad el Porvenir – Pasco 2018

#### 4.3.2. ELECCIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
--------	-------------------	----	----------------	---------	---------

A:MICB	0,9522	1	0,9522	0,10	0,7817
B:NaCN	9,63605	1	9,63605	1,01	0,4202
C:Flottec 8020	72,3605	1	72,3605	7,61	0,1102
AB	1,82405	1	1,82405	0,19	0,7042
AC	5,34645	1	5,34645	0,56	0,5316
BC	16,7042	1	16,7042	1,76	0,3163
Error total	19,0259	2	9,51294		
Total (corr.)	125,849	8			

R-cuadrada = 84,882 por ciento

Fuente: Watson NOREÑA DURAN.

#### 4.3.3. VALOR DE DECISIÓN

Evaluaremos a partir del P-value de Pareto, el cual nos indica que el valor que tiende a cero tiene mayor significancia, notamos que el factor **C** (Flottec 8020) es el que tiende más a cero por lo cual es el que tiene mayor significancia en el proceso, para un coeficiente de correlación del 84,882%. Asumimos como error a la interacción de alto orden (ABC) notamos que el valor del Mean Square es 9,51 un valor alto para ser asumido como error experimental.

#### 4.3.4. CONCLUSIÓN:

Como el estadístico P-value es 0,1102 es el valor más cercano a cero, este cae en la zona de rechazo, lo cual nos indica que debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Por lo tanto concluimos que el colector Flottec 8020 tiene influencia en la recuperación de la flotación bulk, con un nivel de significancia del 84,882%.

#### **4.4. DISCUSIÓN DEL RESULTADO.**

En la tabla 4.1, el análisis químico del mineral que ingresa a la operación metalúrgica tiene una 0,10% de Cu de siendo está muy bajo, 0,63% de Pb esta ley es un poco más alto en comparación con el de cobre. El zinc se encuentra con 2,24% que es una ley de cabeza flotable.

En la tabla 4.2 el conteo de partículas del concentrado bulk, se observa que tiene 26,28% de calcopirita, 33,97% de galena y 6,89% de esfalerita. Lo que podemos afirmar el desplazamiento de zinc en el concentrado de Bulk aceptable y la pirita también se encuentra dentro del rango aceptable en el concentrado.

Como se observa en la tabla 4.3, en la prueba de moliendabilidad de análisis de malla valorada a 52,12% -200 mallas que se verifica que hay una buena liberación del Cu y Pb, para un tiempo de molienda de 5 min con 50 segundos.

En la tabla 4.4 observamos el balance metalúrgico de operaciones que se realiza utilizando Aerophine 3418, donde el concentrado bulk tiene una recuperación de 81,35% de Pb, además podemos ver que la plata se encuentra asociada al concentrado de plomo y cobre con 70,14 Oz/t y 61,73 Oz/t respectivamente.

En la tabla 4.5 los factores que se eligió para las pruebas experimentales son el espumante MICB, NaCN y el colector de

reemplazo Flottec 8020, teniendo en cuenta los niveles menores y mayores de dosificación de estos reactivos y buscar la mejor recuperación y ver también si los puntos centrales tienen efecto.

En la tabla 4.6, al ver el vector respuesta podemos comprobar que los datos van en forma ascendente por lo que comprobamos la linealidad de los factores.

El análisis de los efectos principales de la tabla 4.7 observamos que los tres factores A, B y C son positivos, siendo el que tiene mayor influencia el Flottec 8020 por el valor de 6,015 seguido del NaCN cuyo valor es 2,195 y el MICB con 0,69. Como todos estos factores son positivos se encuentran trabajando con su nivel mínimo por lo que se puede maximizar y es factible de optimizarlo. Además esto lo podemos comprobar en el gráfico 4.2 por la pendiente pronunciada de los factores. En la misma tabla podemos ver que no hay interacción por el signo negativo de las interacciones AC, BC y AB es positivo pero su efecto es insignificante en la recuperación bulk.

En la tabla 4.8 del análisis de varianza, vemos nuevamente que el factor que tiene mayor influencia en la recuperación de la flotación bulk es el Flottec 8020 por el valor de 0,1102 que tiende a estar más cerca de cero, seguido por el NaCN y el MICB, que tienen valores de 0,4202 y 0,7817 para un coeficiente de correlación de 84,882%.

En la tabla 4.9 La constante del modelo matemático, viene a ser el promedio de los valores del vector respuesta, así mismo es el valor inicial del proceso en estudio, el signo positivo de la constante nos indica que esta en el mínimo y puede ser maximizado, para llegar hasta el valor óptimo depende del factor Flottec 8020 ya que el valor de la pendiente es mayor que del NaCN y MICB. En la misma tabla la interacción es también negativa por lo que no tiene influencia en la recuperación del concentrado bulk.

En la tabla 4.10 observamos, que aplicando el modelo matemático podemos predecir la máxima recuperación de 99,97% y una mínima recuperación de 89,43%.

Los valores óptimos de trabajo de los factores son: MICB 32 g/t, NaCN 40 g/t y F-8020 25 g/t, que nos va permitir recuperar en la flotación bulk de 87,6561%.

## CONCLUSIONES

1. Aplicando el colector Aerophine 3418 en la flotación Bulk tenemos una recuperación de 81,35% de Pb, 27,45% de Cu con 59,87% de Ag.

Siendo las condiciones de operación:

### Flotación

Acondicionamiento	:	2 min
NaCN	:	45 g/TM
pH flotación	:	7
Z-11	:	6 g/TM
MICB	:	35 g/TM
Aerophine 3418	:	20 g/TM
Tiempo de flotación	:	10 min.

2. La condiciones de operación de la flotación Bulk dosificando el Flottec 8020 es la siguiente:

Acondicionamiento	:	2 min
NaCN	:	40 g/TM
pH flotación	:	7
Z-11	:	6 g/TM
MICB	:	32 g/TM
Flottec 8020	:	25 g/TM
Tiempo de flotación	:	10 min

3. La calidad de concentrado bulk es buena que tiene una ley de 57,36% Pb con una recuperación de 87,42% de recuperación de Pb, siendo la ley de Cu 22% y recuperación de Cu 35%.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas bajando la dosificación del aerophine 3418, al parecer el exceso de este promotor este arrastrado hierro en el concentrado.
2. Las condiciones de flotación deben mantenerse en los parámetros determinado para tener una buena recuperación y calidad de concentrado de la flotación bulk.
3. Seguir realizando el control de los parámetros para estandarizar el proceso a nivel de planta en las dos guardias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Astucuri T. Venancio (1999) "Introducción a la Flotación De Minerales" – Perú, Lima.
2. Ing. Kuehl R. (2001) Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones - Diseño Experimental- 2da Edición–México.
3. Ing. Manzaneda J. (2000) Diseño Experimental - Estadística Aplicada, Escuela de Post Grado de la UNI – Perú, Lima.
4. Ing. Menacho J. - Jofré J. - Zivkovic Y. (1995) Tópicos Especiales de Conminación de Minerales. Chile, Santiago de Chile.
5. Ing. Yianatos J. (2005) Flotación de Minerales "Universidad Técnica Federico Santa María - Departamento de Procesos Químicos, Biotecnológicos y Ambientales" Chile.
6. Ing. Bueno Héctor (2003) Procesamiento de Minerales- 1 Edición Mayo. Perú, Jauja.
7. Ing. Quiroz L. (1986) Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales. Perú, Cuzco.
8. American Cyanamid Company (1986) "Manual de Productos Químicos" para Minería", Elena Saucedo Loya, A. Giraldez y J.A.Gutierrez (1988). Impreso en México.

9. Azañero Ortiz Ángel (2010) "Curso de Concentración y Flotación De Minerales-UNMSM". Perú, Lima.
10. Egas Sáenz Ángel (1985) "Evaluación de Plantas Concentradoras" 1° Edición. Perú, Lima.
11. Química Amtex S.A. (2006) "Presentación Grupo Amtex" Simposium: Avances en Flotación de Minerales Polimetálicos. Perú, Lima.
12. Quiñones Lavado Lourdes J. (2010) "Mineralurgia de Mineral Polimetálico Sulfurado de Pb, Cu, y Zn" Informe Técnico. Perú, Lima.
13. Sutulov Alexander (1963) "Flotación de Minerales". Universidad de Concepción - Instituto de Investigación. Chile.
14. Ing. BRAVO GÁLVEZ, Antonio César (2004)- Supervisor de Operaciones. "Manual de flotacion" - Empresa Minera los QUENUALES S.A. Unidad Minera Yauliyacu. Peru, Lima.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO QUÍMICO Y METALÚRGICO.**

**ANEXO 1.1. BALANCE METALURGICO 1.**

PM-01	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	g	Ag Oz/TM	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	0.376	60.71	<b>16.88</b>	12.69	16.01	22.809	0.063	0.048	0.060	1.70	<b>6.53</b>	0.69	0.27
Conc. Pb	11.509	69.14	0.65	<b>45.43</b>	7.12	795.763	0.075	5.229	0.819	59.39	7.64	<b>75.65</b>	3.67
Conc. Zn	42.933	4.66	1.28	1.36	<b>45.71</b>	200.066	0.550	0.584	19.625	14.93	56.65	8.46	<b>88.00</b>
Relave	945.182	0.34	0.03	0.11	0.19	321.362	0.284	1.040	1.796	23.98	29.18	15.07	8.05
Cabeza	1000.000	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc Bulk	11.885	68.87	1.16	44.40	7.40	818.572	0.138	5.276	0.880	61.09	14.17	<b>76.34</b>	3.94

**ANEXO 1.2. BALANCE METALURGICO 2.**

PM-02	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	gr	Ag Oz/TM	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	1.099	61.23	<b>16.81</b>	13.18	15.91	67.262	0.185	0.145	0.175	5.02	<b>15.76</b>	2.10	0.78
Conc. Pb	11.334	70.11	0.65	<b>46.34</b>	7.12	794.633	0.074	5.252	0.807	59.30	6.28	<b>76.15</b>	3.62
Conc. Zn	42.871	3.66	1.25	2.36	<b>45.76</b>	156.908	0.536	1.012	19.618	11.71	45.72	14.66	<b>87.97</b>
Relave	944.696	0.34	0.04	0.05	0.18	321.197	0.378	0.491	1.700	23.97	32.24	7.12	7.63
Cabeza	1000.000	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc Bulk	12.433	69.33	2.08	43.41	7.90	861.895	0.258	5.397	0.982	64.32	22.04	<b>78.25</b>	4.40

**ANEXO 1.3. BALANCE METALURGICO 3.**

PM-03	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	g	Ag Oz/TM	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	0.84	61.73	<b>17.88</b>	12.75	15.01	52.110	0.151	0.108	0.127	3.89	<b>16.02</b>	1.56	0.57
Conc. Pb	10.68	70.14	0.70	<b>51.36</b>	6.54	748.851	0.075	5.483	0.698	55.88	8.01	<b>79.45</b>	3.13
Conc. Zn	39.93	5.66	1.30	1.33	<b>49.74</b>	226.019	0.519	0.531	19.863	16.87	56.17	7.70	<b>89.07</b>
Relave	948.55	0.33	0.02	0.08	0.17	313.020	0.190	0.778	1.613	23.36	19.80	11.27	7.23
Cabeza	1000.00	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc Bulk	11.52	69.52	1.96	48.53	7.16	800.961	0.226	5.591	0.825	59.77	24.03	<b>81.01</b>	3.70

**ANEXO 1.4. BALANCE METALURGICO 4.**

PM-04	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	g	Ag Oz	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	1.91	61.73	<b>16.88</b>	14.79	16.23	117.799	0.322	0.282	0.310	8.79	<b>29.43</b>	4.09	1.39
Conc. Pb	9.76	71.24	0.71	<b>56.32</b>	6.54	695.036	0.069	5.495	0.638	51.87	6.31	<b>79.66</b>	2.86
Conc. Zn	39.49	5.66	1.30	1.33	<b>49.74</b>	223.536	0.513	0.525	19.644	16.68	46.92	7.61	<b>88.09</b>
Relave	948.84	0.32	0.02	0.06	0.18	303.629	0.190	0.598	1.708	22.66	17.34	8.66	7.66
Cabeza	1000.00	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Bulk	11.66	69.68	3.36	49.53	8.13	812.835	0.391	5.777	0.948	60.66	35.74	<b>83.75</b>	4.25

**ANEXO 1.5. BALANCE METALURGICO 5.**

PM-05	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	g	Ag Oz	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	1.53	62.69	<b>16.78</b>	15.91	16.23	95.614	0.256	0.243	0.248	7.14	<b>24.79</b>	3.52	1.11
Conc. Pb	10.08	70.21	0.70	<b>57.36</b>	6.52	707.766	0.071	5.782	0.657	52.82	6.85	<b>83.88</b>	2.95
Conc. Zn	39.70	5.87	1.30	1.32	<b>49.83</b>	233.038	0.516	0.524	19.782	17.39	50.05	7.59	<b>88.71</b>
Relave	948.69	0.32	0.02	0.04	0.17	303.582	0.190	0.351	1.613	22.66	18.31	5.09	7.23
Cabeza	1000.00	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc Bulk	11.61	69.22	2.81	51.91	7.80	803.380	0.326	6.025	0.905	59.95	31.64	<b>87.40</b>	4.06

**ANEXO 1.6. BALANCE METALURGICO 6.**

PM-06	PESO	ENSAYES				CONTENIDO METÁLICO				RECUPERACIÓN			
PRODUCTO	g	Ag Oz	% Cu	% Pb	% Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Conc. Cu	2.44	63.80	<b>16.88</b>	18.81	15.23	155.848	0.412	0.459	0.372	11.63	<b>35.03</b>	6.66	1.67
Conc. Pb	9.36	71.24	0.71	<b>59.54</b>	6.68	667.053	0.066	5.575	0.625	49.78	5.65	<b>80.76</b>	2.80
Conc. Zn	39.39	5.66	1.29	1.33	<b>49.74</b>	222.971	0.508	0.524	19.595	16.64	43.14	7.59	<b>87.87</b>
Relave	948.80	0.31	0.02	0.04	0.18	294.128	0.190	0.342	1.708	21.95	16.18	4.95	7.66
Cabeza	1000.00	1.34	0.10	0.69	2.23	1340.000	1.000	6.900	22.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc Bulk	11.81	69.70	4.06	51.11	8.45	822.901	0.479	6.034	0.998	61.41	40.68	<b>87.42</b>	4.47

**ANEXO 2**  
**ANEXO 2.1. Hoja Técnica Colector Flottec 8020**



Flottec, LLC.

<http://www.flottec.com>

## Hoja Técnica Colector Flottec 8020

**Flottec 8020 en el circuito Pb-Cu permite reducir o eliminar depresores.**  
Flottec 8020 se distingue especialmente por ser un colector que tiene poca afinidad para flotar minerales de Zn tales como Marmatita y Esfalerita durante la flotación Pb-Cu. Es por ello que cuando se utiliza Flottec 8020 en la flotación Pb-Cu, el uso de depresores de Zn tales como Sulfato de Zinc, NaCN, Mixtura (complejo) o Metabisulfito, se ven reducidos en por lo menos un 50%, llegando incluso con algunos minerales, a eliminar totalmente el uso de depresores. Flottec ya ha demostrado en la flotación de Zn que es posible trabajar con colectores selectivos que han permitido eliminar el uso de depresores como lo es la cal para la flotación de Zn. Flottec 8020 optimiza recuperaciones de Au y Ag en el circuito Pb-Cu.  
La combinación del uso de Flottec 8020 y la disminución de depresores, ocasionan principalmente un incremento importante en la recuperación de minerales de valor tales como minerales de Au y minerales de Ag.  
Este producto es líquido y tiene propiedades espumantes, por lo que también tiende a disminuir por lo menos en un 50% el uso de espumante en el proceso de flotación.

### PROPIEDADES TÍPICAS

Apariencia	Líquido café claro
Grav. Específica @ 25°C	1.15
Solubilidad en Agua	Si
Punto de inflamación °C	>93.4°C

### MÉTODOS DE ADICIÓN Y USO

Las dosificaciones de este producto se ajustan en función de la cabeza del mineral a flotar y del tipo de ganga que esté presente, como punto de referencia podemos manejar la siguiente relación: utilizar de 1 a 3 gr/ton por cada 0.1% en la cabeza del mineral de interés, por ejemplo, ante una cabeza de 0.5% de Pb, se sugiere utilizar de 5 a 15 gr/ton.

Este producto es estable en circuitos alcalinos, no se recomienda su uso en circuitos ácidos. Los niveles habituales de tratamiento son en el orden de 5 a 100 gramos por tonelada adicionados preferentemente en el circuito de flotación. La dosificación en etapas es recomendada

ya que usualmente tiende a mejorar los resultados metalúrgicos y a optimizar el consumo. Este producto tiene propiedades espumantes, por lo que habrá que ajustar el consumo de espumante a la baja.

Se recomienda que a través de una prueba en planta se identifique tanto la cantidad óptima a dosificar, así como el punto idóneo para hacer dicha dosificación.

Esta química también es utilizada en sulfuros de níquel y minerales que contengan oro, plata y PGM's cuando la selectividad es requerida en contra de minerales de fierro en circuitos de flotación alcalina. Además, son usados cuando se requiere selectividad vs esfalerita o marmatita no activadas.

1

Se recomienda utilizar Flottec 8020 preferentemente como colector único ya que de esta manera se evitará la interferencia que pueda ocasionar otro tipo de colector con menor selectividad, lo cual ocasionaría tener que recurrir a incrementar la dosis de depresores y por ende no obtener las recuperaciones óptimas de los minerales de valor.

Flottec 8020 puede ser utilizado juntamente con otros colectores en el entendido de que los niveles de depresores deberán ser ajustados.

Es importante insistir en que el exceso de colector afectará severamente la selectividad que ofrece este tipo de química, se recomienda hacer los ajustes pertinentes para encontrar la dosificación óptima que asegure obtener tanto la máxima recuperación de valores, así como la mejor calidad del concentrado final. Podríamos concluir que esta química pide menos de todo (colector, depresor, espumante) para poder generar una máxima recuperación con una calidad de concentrado final óptima.

**Nota:** La presente información está basada en nuestros conocimientos actuales y tiene solamente la intención de proveer una información general de nuestros productos y sus aplicaciones. Por lo tanto, no se deberá considerar como una garantía específica de las propiedades del producto descrito, o de su adecuación para alguna aplicación en particular. Deben de respetarse los derechos de propiedad existentes.

## TOXICOLOGÍA E HIGIENE INDUSTRIAL

El colector Flottec 8020 puede ser diluido a la concentración deseada sin ningún problema, sin embargo, recomendamos utilizarlo puro.

## MANEJO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Se recomienda almacenar este producto en acero inoxidable o en plástico. Evitar el almacenamiento cerca de calor extremo, no mezclar con soluciones ácidas para evitar la generación de H<sub>2</sub>S.

El producto deberá ser almacenado en un lugar lo suficientemente ventilado, evitando una exposición directa al sol.

Al manipular el producto, deberá utilizarse el equipo de protección personal tales como lentes, guantes y ropa de protección.

Mantenga los recipientes totalmente cerrados cuando no se estén utilizando.

Después de haber manipulado el producto, lave bien manos antebrazos y cara.

## ANEXO 2.2. Hoja de datos de Seguridad (MSDS).

Nombre del producto: 8020 Revisión: 03  
SDS Fecha de preparación: 2018-07-31

Reemplaza: 2017-16-05



### HOJA DE SEGURIDAD

#### 1. IDENTIFICACIÓN

Identificador del producto utilizado en la etiqueta : **Flottec 8020 Colector**

Uso recomendado de las sustancias químicas y restricciones de uso  
: Colector usado en la industria minera.

Grupo químico : Mezcla de Ditiófosfatos

Nombre, dirección, y número de teléfono del fabricante químico, importador, u otra parte responsable:

**Flottec, LLC**

338 West Main Street  
Boonton, NJ 07005  
U.S.A.

www.flottec.com

Número de teléfono : (973) 588 4717

Teléfono de emergencia 24 Horas: Chemtrec 1-800-424-9300 (Dentro del País E.U.); Chemtrec 703-527-3887 (Fuera de E.U.)

#### 2. IDENTIFICACION DE RIESGOS

Pictograma de Riesgos

	
H314: Causa severas quemaduras de piel y serios daños de ojos	H302 + H312: Dañino si se traga o en contacto con la piel.

Clasificación de las sustancias químicas

No disponible

Elementos de la etiqueta

**Palabra de identificación**

Peligro

**Indicaciones de peligro**

H314: Causa severas quemaduras de piel y serios daños de ojos  
H302 + H312: Dañino si se traga o en contacto con la piel.

H401: Tóxico para la vida acuática

**Precauciones**

P260: No respire los vapores.

P264: Lave cara, manos y cualquier parte expuesta después del manejo.

P270: No ingiera alimentos ni bebidas mientras use este producto.

P273: Evitar tirarlo al medio ambiente.

P280: Utilizar protección de ojos, guantes y ropa de protección.

P301+330+331: EN CASO DE INGESTA: Enjuague la boca. NO provoque vómito.

P303+361+353: EN CASO DE CONTACTO CON PIEL: Remueva inmediatamente la ropa expuesta.

P363: Lave la ropa contaminada antes de volver a utilizarla.

P304+340: EN CASO DE INHALACIÓN: Mueva a la persona hacia donde pueda respirar aire fresco y manténgala en una posición cómoda.

P405: Manténgase cerrado.

P501: Elimine desechos y envases con una agencia de desechos químicos de acuerdo a las normas locales, regionales y nacionales.

#### Otros riesgos

Peligro agudo para el medio ambiente acuático (Categoría 2).

#### Otros riesgos

No disponible.

### 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

Mezcla

Nombre común	CAS #	Concentración / % en peso
Ditiofostato Modificado	7732-18-5 Patentado	65-75%
Polioleter	25322-69-4	0-25%
Agua	7732-18-5	25-35%

Las concentraciones exactas de las sustancias químicas arriba son retenidas como secreto comercial.

### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

#### Descripción de medidas de primeros auxilios

- Ingestión** : NO induzca vómito. Nunca administre nada vía oral si la víctima se encuentra inconsciente o convulsionando. Si el vómito es producido de manera espontánea mantenga la cabeza por debajo del nivel de las caderas para prevenir aspiración dentro de los pulmones. Busque atención médica inmediatamente.
- Inhalación** : Mueva a la persona al aire fresco. Si no respira proporcione respiración artificial. Si respira con dificultad, darle oxígeno proporcionado por personal entrenado. Si el problema aumenta o persiste, buscar atención médica.
- Contacto con la piel** : Retire toda la ropa contaminada, enjuague la zona de contacto con agua durante al menos 15 minutos. Luego lavar con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. No lavar con disolvente. Lave la ropa antes de volver a usarla.
- Contacto con los ojos** : Enjuagar INMEDIATAMENTE con abundante agua. Remover lentes de contacto. Enjuagar con agua por al menos 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos para enjuagar adecuadamente. Si los problemas persisten o aumentan busque atención médica.
- Síntomas** : Puede causar irritación en la piel y ojos. Puede causar irritación y quemaduras de piel. Puede causar quemaduras en boca, garganta y estómago.
- Notas para el médico** : Tratar de acuerdo a condiciones específicas de exposición de la persona. Si no se realiza el lavado se sugiere control endotraqueal y/o esofágico. El peligro de aspiración pulmonar debe sopesarse frente a la toxicidad cuando se considere un lavado de estómago. El tratamiento de exposición debe ser dirigido al control de los síntomas y la condición clínica del paciente.

### 5. MEDIDAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

#### Medios de extinción

*Medios de extinción adecuados*

: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

*Medios de extinción inadecuados*

: No use tetracloruro de carbono o agua.

#### Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

: El dióxido de azufre u óxidos de fósforo pueden formarse bajo condiciones de fuego u óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>).

#### Equipo de protección especial y precauciones para bomberos

*Equipo de protección para bomberos*

: Bomberos deben usar equipos de respiración autónomos de máscara completa. El traje de bombero puede no ser eficaz contra los productos químicos.

## 6. MEDIDAS EN CASO DE FUGA ACCIDENTAL

**Para derrames pequeños:** Diluir con agua y limpiar. Absorber con material seco inerte.

**Para derrames grandes:** Dique el área para prevenir la propagación, restrinja el acceso, al área hasta que la limpieza esté completa, asegúrese de que la limpieza sea llevada a cabo por personal capacitado, usando equipo de protección adecuado. Absorber con material seco inerte, barrer y poner en un tambor de rescate de metal aprobado para su eliminación. Lavar el área después de la limpieza con agua.

## 7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Precauciones para un manejo seguro :** Utilizar sólo en áreas bien ventiladas. Evite contacto con piel, ojos y ropa. No respire vapores o aerosoles. Utilice lentes de protección, guantes, y ropa de protección adaptada para llevar a cabo la tarea y los riesgos involucrados. Manténgase en el área de trabajo solo el tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo. Mantenga los recipientes cerrados de manera apretada cuando no los esté utilizando. No coma, no beba ni fume durante su uso. Lave manos, antebrazos y cara después de haber utilizado este compuesto y antes de comer, beber o utilizar artículos de baño. Retirar ropa contaminada y lavarla antes de reutilizarla.

**Condiciones para un almacenamiento seguro:** Almacenar en un área seca bien ventilada. Almacenar lejos de materiales incompatibles (ver sección10).

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

### Controles de exposición

**Controles apropiados de ingeniería:** Proporcione suficiente ventilación mecánica (extracción general y/o local) para mantener las concentraciones de vapores, aerosoles o polvos por debajo de sus respectivos límites de exposición. Asegúrese que las regaderas de seguridad y las estaciones de lavado de ojos estén cerca del área de trabajo.

**Protección respiratoria :** No se requiere de protección respiratoria en uso normal. El equipo de protección respiratoria debe ser seleccionado, equipado, mantenido e inspeccionado de acuerdo a las regulaciones y a los estándares CSA Z.94.4 y aprobado por NIOSH/ MSHA. En caso de ventilación insuficiente o espacios confinados o cerrados y para un factor de protección asignado (APF) 10 veces arriba del límite de exposición: utilizar un respirador con media máscara con cartuchos equipados con filtros P100.

**Protección de piel :** El equipo de protección personal para el cuerpo debe ser seleccionado basándose en la tarea que se llevará a cabo y los riesgos involucrados. Se requiere vestir ropa normal de trabajo cubriendo brazos y piernas. Utilizar un delantal o un traje de protección de mangalarga.

**Protección de ojos/ cara :** Utilizar lentes contra salpicaduras químicas. Si existe riesgo de contacto con ojos o caras utilizar careta.

**Manos :** Utilizar guantes de nitrilo o neopreno. Se debe utilizar guantes impermeables resistentes a productos químicos todo el tiempo cuando se maneje este producto. Antes de utilizarlos confirmar impermeabilidad. Desechar guantes que muestren desgarres, agujeros o signos de uso. Los guantes sólo deben utilizarse con manos limpias. Lavar los guantes con agua antes de retirarlos. Después de usar los guantes debe lavar y secar las manos.

**Otro equipo de protección:** Utilizar botas de goma para limpiar un derrame.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	: Líquido	Límites de inflamabilidad (% en vol.):	No disponible
Color	: Café Claro	Punto de inflamabilidad	: >93.4°C (200.1°F) SETA
Olor	: Ligero olor a azufre	Temperatura de auto ignición	: No disponible
Umbral de olor	: No disponible	Sensibilidad a carga electrostática	: No
pH	: 10-13	Sensibilidad a chispas/fricción	: No
Punto de fusión/ congelación	: -18°C (-0.4°F)	Densidad de vapor (Aire = 1)	: 0.6 a 0.7
Punto de ebullición	: No disponible	Densidad relativa (Agua = 1)	: 1.15 kg/L @ 25°C (77°F)
Solubilidad en agua	: Soluble	Coefficiente de partición (n-octano/Agua)	: No disponible
Velocidad de evaporación (BuAc = 1)	: Como el agua	Temperatura de descomposición	: No disponible
Presión de vapor	: No disponible	Viscosidad	: No disponible
Volátiles (% en peso)	: 50%	Masa molecular	: No aplicable
Inflamabilidad (sólido, gas)	: No inflamable		

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Reactividad	: En presencia de cualquier material incompatible.
Estabilidad química	: Estable bajo condiciones de almacenamiento recomendadas.
Posibilidad de reacciones peligrosas (incluyendo polimerizaciones)	: No ocurren polimerizaciones peligrosas.
Condiciones a evitar	: Evitar contacto con materiales incompatibles
Materiales incompatibles	: Agentes oxidantes fuertes, agentes reductores, materiales orgánicos, metales y ácidos minerales.
Productos de descomposición peligrosos	: Óxidos de carbono (CO, CO <sub>2</sub> ), óxidos de azufre y sulfuro de hidrógeno.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

### Información toxicológica

Nombre químico	LC <sub>50</sub> (Inhalación, Rata)	LD <sub>50</sub> / mg/kg	
		(Oral, Rata)	(Dérmico, Conejo)
Mezcla de Ditionofosfato	8000ppm	500	5300

### Posibles vías de exposición

Piel	: Si
Ojos	: Si
Inhalación	: Si
Ingestión	: Si

### Signos y síntomas de efectos retardados, inmediatos y crónicos:

Piel	: Dañino si es absorbido por la piel. Puede causar irritación y quemaduras en la piel.
Ojos	: Puede causar daño o irritación severa.
Inhalación	: La inhalación de vapores puede causar quemaduras de nariz, garganta y tracto respiratorio.
Ingestión	: Dañino si es ingerido. Puede causar quemaduras en boca, garganta y estómago.
Sensibilidad a materiales	: No disponible.
Clasificación IRAC/NTP	: No hay ingredientes presentes
Carcinogenicidad	: Ingredientes presentes a niveles mayores o iguales a 0.1% de este producto no son clasificados como carcinógenos por IARC, ACGIH, NIOSH, NTP o OSHA.
Mutagenicidad	: Ingredientes en este producto presentes a niveles mayores o iguales a 0.1% no se conoce que cause efectos muta genéticos.
Efectos Reproductivos	: Ingredientes presentes en este producto a niveles mayores o iguales a 0.1% no se conoce que causen algún efecto en la reproducción.
Efectos sobre órganos específicos – Exposición única	: No hay efectos sobre ningún órgano específico.
Efectos sobre órganos específicos – Exposiciones repetidas	: No hay efectos sobre ningún órgano específico.
Otra información	: No disponible.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

<b>Eco toxicidad</b>	: No disponible.
<b>Persistencia</b>	: No disponible.
<b>Degradabilidad</b>	: No hay información disponible para este producto.
<b>Potencial de Bioacumulación</b>	: No hay información disponible para este producto.
<b>Movilidad en suelos</b>	: No hay información disponible para este producto.
<b>Otros efectos adversos en el medio ambiente</b>	: No hay información disponible para este producto.

## 13. CONSIDERACIONES DE DESECHO

<b>Manejo de desechos</b>	: ¡Importante! Prevenir la generación de residuos. Utilizar en su totalidad. No tire los residuos a alcantarillas, arroyos o abastecimientos de agua potable. Los residuos y recipientes vacíos deben considerarse como residuos peligrosos. Regresar los recipientes vacíos etiquetados apropiadamente al proveedor o a cualquier lugar donde haya un programa de recolección. Disponer de un medio autorizado para su eliminación. Cumplir con todas las regularizaciones federales, estatales y municipales. Si es necesario consulte el departamento del medio ambiente o a las autoridades relevantes.
---------------------------	---

## 14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Información regulatoria	Número UN	Nombre de embarque UN	Nivel de riesgo para el transporte	Grupo de embalaje	Etiqueta
DOT	UN1719	LÍQUIDO ÁLCALIL CÁUSTICO, N.O.S. (CONTIENE SAL DE DITIOFOSFATO)	8	II	Corrosivo
<b>Información adicional</b>	Este material no es considerado un contaminante marino. Se requiere permiso para su transporte con letreros apropiados desplegados en el vehículo.				
TDG	UN1719	LÍQUIDO ÁLCALIL CÁUSTICO, N.O.S. (CONTIENE SAL DE DITIOFOSFATO)	8	II	Corrosivo
<b>Información adicional</b>	Guía de emergencia 2012 - 154				
IMO/IMDG	UN1719	LÍQUIDO ÁLCALIL CÁUSTICO, N.O.S. (CONTIENE SAL DE DITIOFOSFATO)	8	II	Corrosivo
<b>Información adicional</b>	Fichas de emergencia (EmS-No) F-A, S-B				
IATA	UN1719	LÍQUIDO ÁLCALIL CÁUSTICO, N.O.S. (CONTIENE SAL DE DITIOFOSFATO)	8	II	Corrosivo
<b>Información adicional</b>					

## 15 - INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

### Límites de exposición ocupacional:

- Ditiofosfato modificado: No disponible. Alcohol Butílico: OSHA PEL: 100ppm TWA.  
Categorías SARA 311/312:  
1. Efectos inmediatos (agudos) en la salud: S

- 2. Efectos retardados (crónicos) en la salud: No
- 3. Peligro de incendio: Sí
- 4. Peligro de liberación repentina de presión: No
- 5. Peligro de reactividad: No

**OTROS LISTADOS DE INVENTARIO DE PRODUCTOS QUÍMICOS:**

Australia: Todos los componentes de este material se enumeran en el Inventario Australiano de Sustancias Químicas (AICS).

República Popular de China: Todos los componentes de este producto figuran en el proyecto de inventario de sustancias químicas existentes en China.

Unión Europea: Todos los componentes de este material están en conformidad con la Directiva 92/32 / EEC

Japón: Todos los componentes de este producto se encuentran en el inventario existente de sustancias químicas nuevas (ENCS) en Japón, o tienen una exención de la lista.

Corea: Todos los componentes de este producto figuran en la Lista de Productos Químicos Existentes (ECL) en Corea. Filipinas: Todos los componentes de este producto figuran en el Inventario Filipino de Sustancias Químicas y Químicas (PICCS).

Estados Unidos: Todos los componentes de este material se encuentran en el Inventario Químico de la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA).

**WHMIS 1988:**

No Disponible.

**16. OTRA INFORMACIÓN**

**Otras consideraciones para el manejo**

Proporcione información adecuada, instrucciones y entrenamiento a los operadores.

---

**Preparado por: Flottec, LLC**

---

**Revisado por:**

---

**RAZÓN DE REVISIÓN**

---

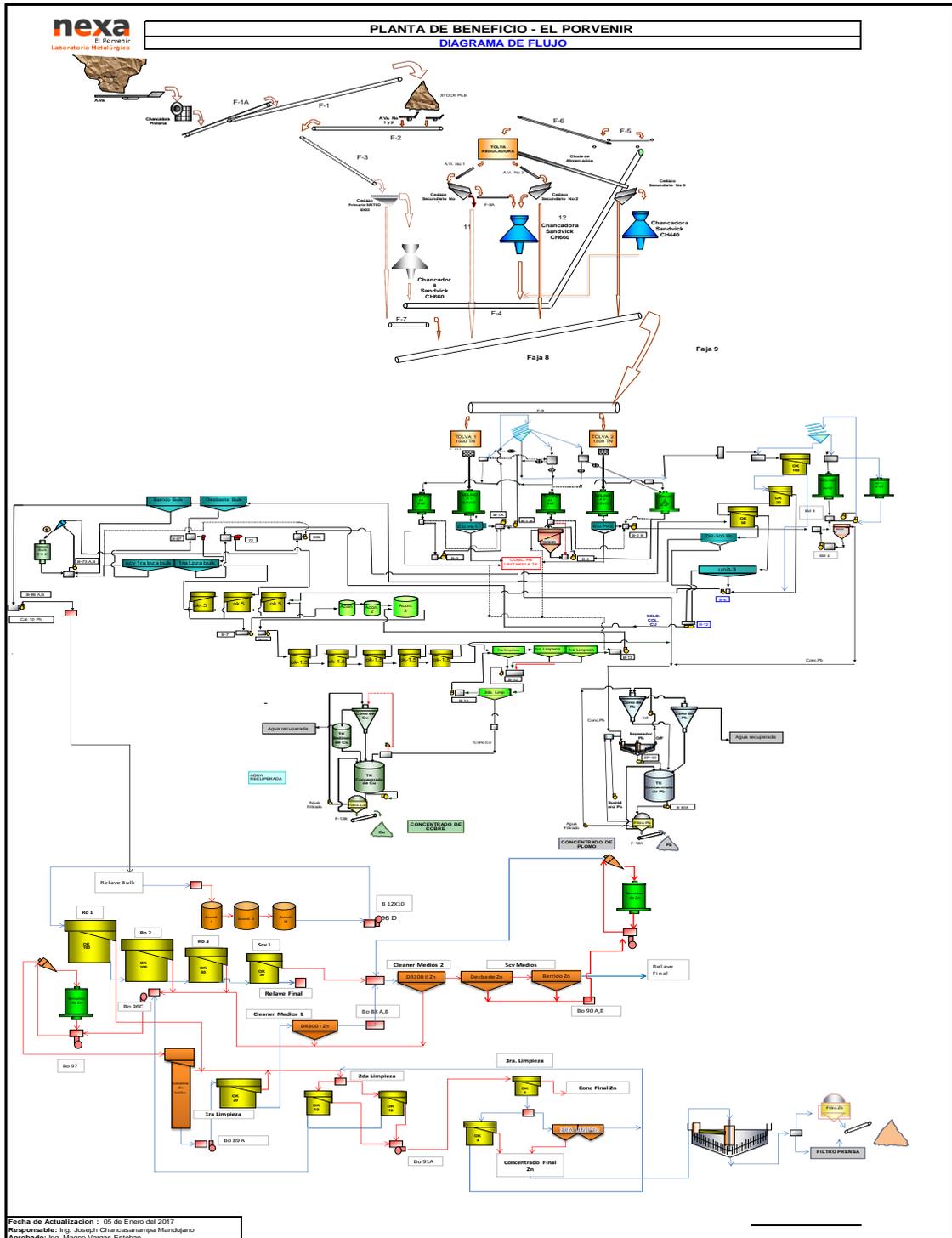
**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD**

La información antes mencionada se considera que es exacta y representa la mejor información actualmente disponible. Sin embargo, no se ofrece ninguna garantía de comerciabilidad o cualquier otra garantía, expresada o implícita, con respecto a tal información, y no asumimos ninguna responsabilidad derivada de su uso. Los usuarios deben hacer su propia investigación para determinar la información adecuada para sus usos particulares.

**FIN DEL DOCUMENTO**

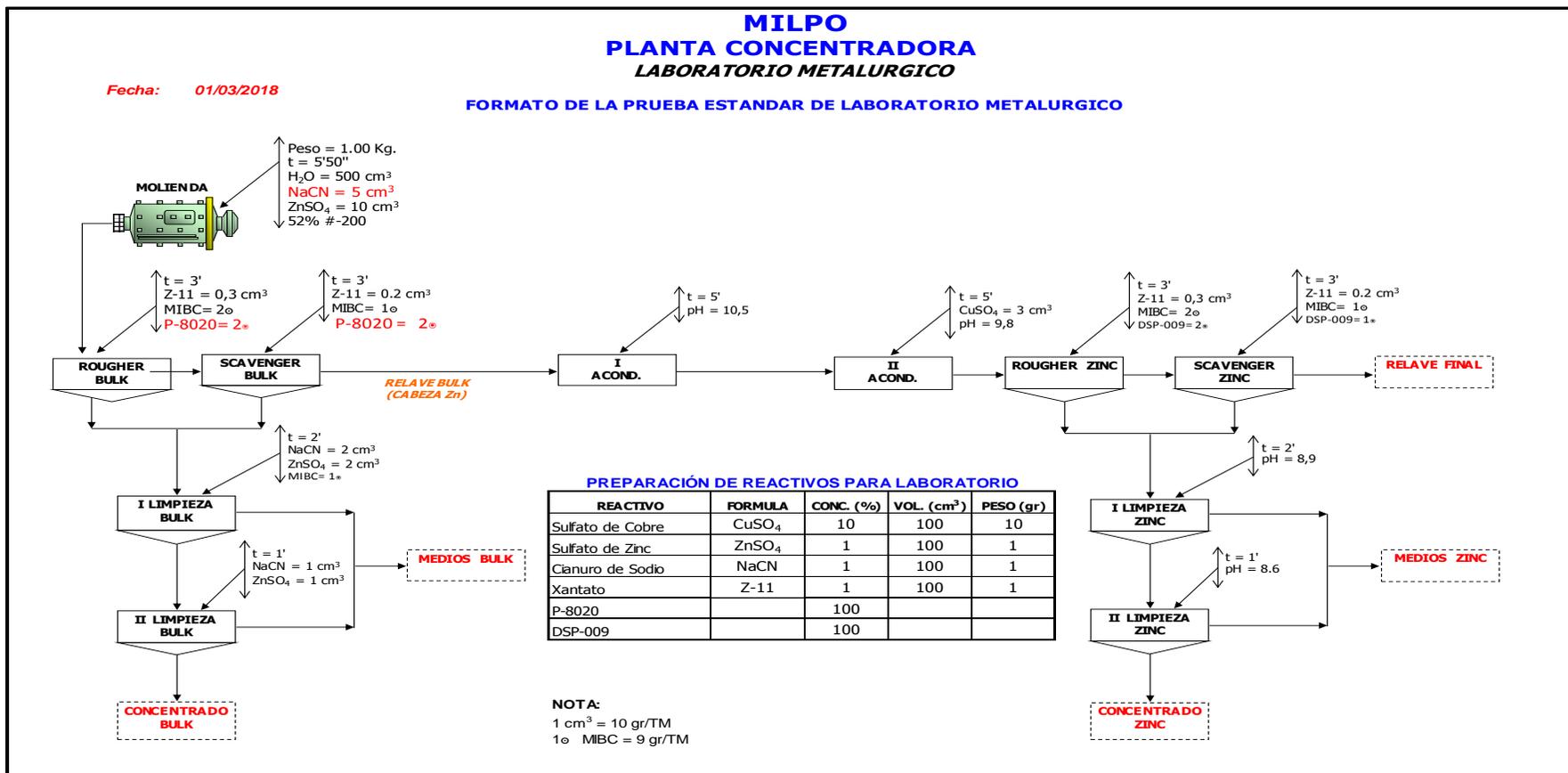
# ANEXO 3

## ANEXO 3.1. Flow Sheet Planta Concentradora el Porvenir.



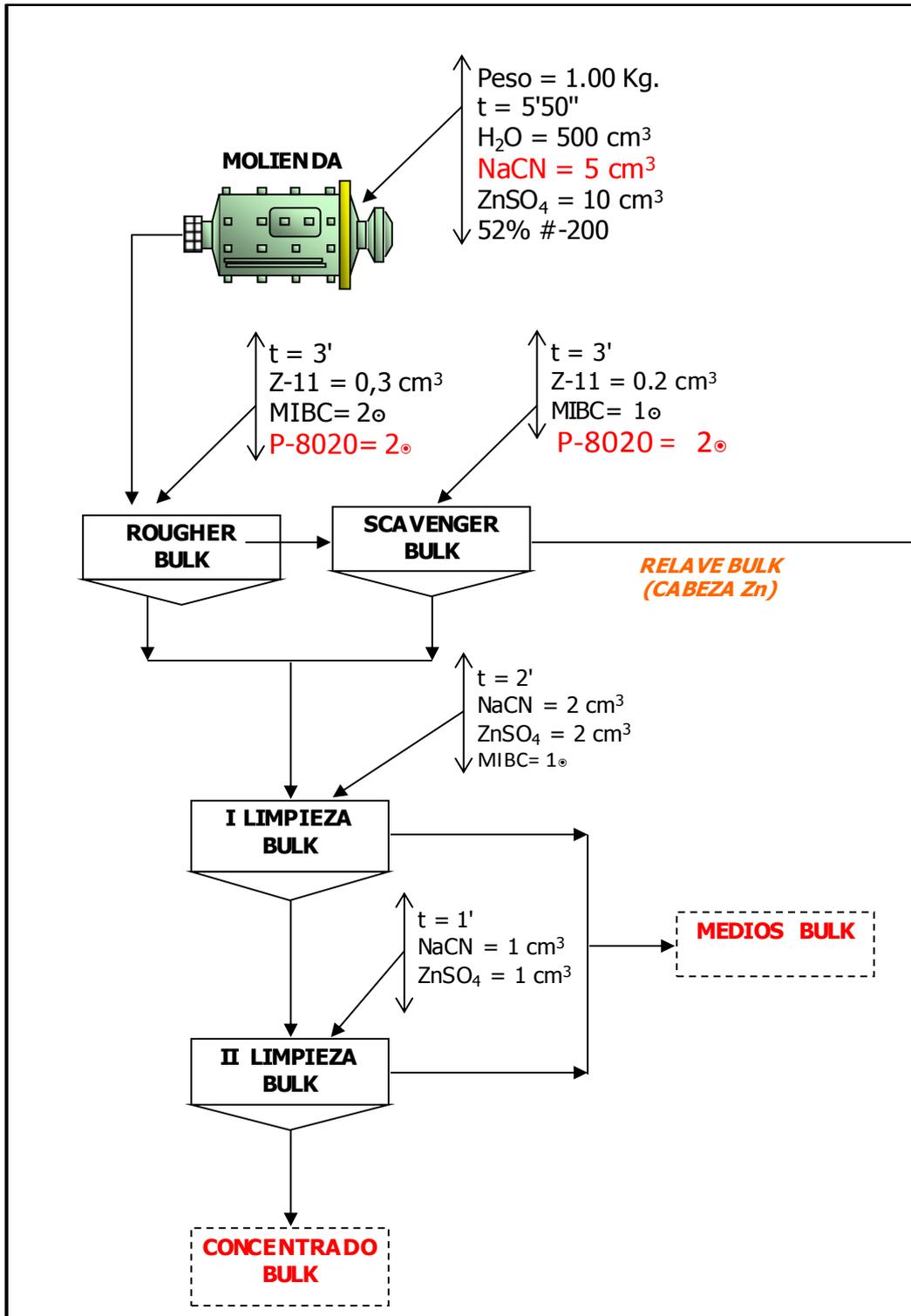
Fuente. Planta concentradora Porvenir, Nexa Resources.

ANEXO 3.2. Flow Sheet de prueba estándar general laboratorio metalúrgico.



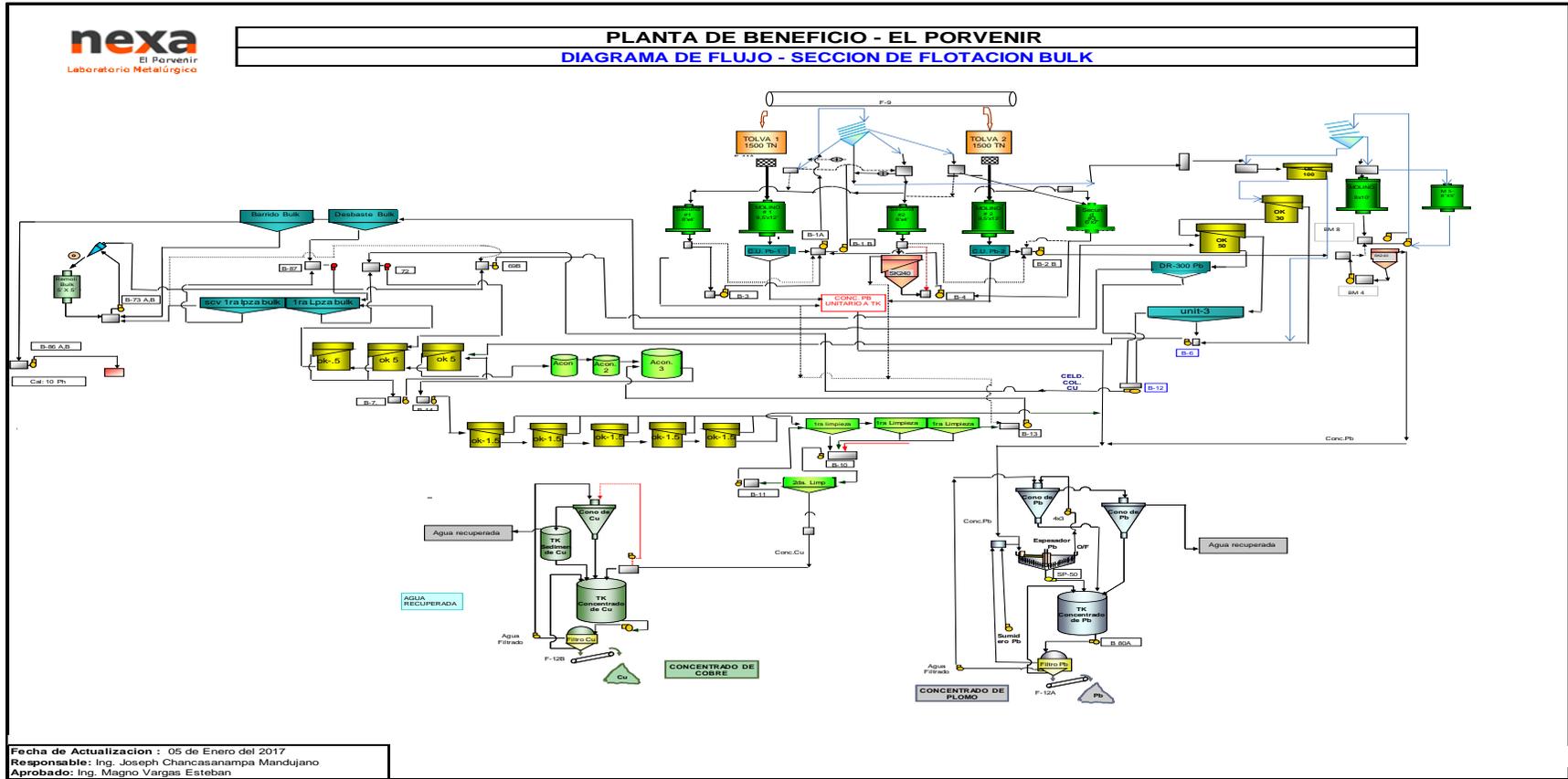
Fuente. Laboratorio metalúrgico Nexa Resources.

**ANEXO 3.3. Flow Sheet de flotación de circuito bulk Laboratorio Metalúrgico**



Fuente. Laboratorio metalúrgico Nexa Resources.

ANEXO 3.4. Flow Sheet de área de circuito flotación bulk planta concentradora.



Fuente. Laboratorio metalúrgico Nexa Resources.

## ANEXO 4.

### FOTOGRAFIAS

#### ANEXO. 4.1. Pruebas de flotación Laboratorio Metalúrgico



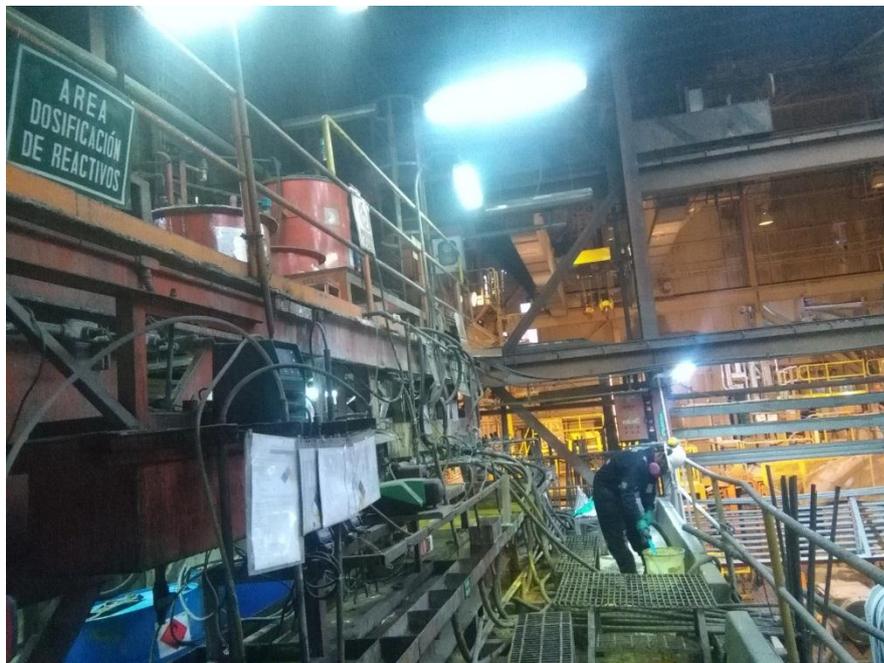
#### ANEXO. 4.2. Sección de molienda planta concentradora.



**ANEXO. 4.3. Sección de adición de colector F-8020**



**ANEXO. 4.4. Área de dosificación de Reactivos.**



**ANEXO. 4.5. Reactivo usado en la prueba de flotación Bulk.**

