

*"Universidad Nacional  
José Faustino Sánchez Carrión"*



**“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”**

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

“EVALUACIÓN DEL DEPRESOR RA-058 MEDIANTE PRUEBAS  
EXPERIMENTALES PARA SUSTITUIR AL SULFATO DE ZINC EN  
LA EMPRESA MINERA NEXA RESOURCES S.A.C.  
UNIDAD EL PORVENIR”

**“TESIS”**

**“PARA OPTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
METALURGICO”**

Autor:

Bach: Alanoca Rojas, Juan Gabriel

Asesor:

Mo. RODRIGUEZ ESPINOZA, RONALD.

C.I.P. N° 95579

Huacho - Perú

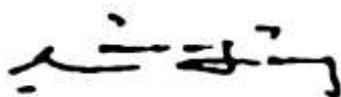
2020

**“EVALUACIÓN DEL DEPRESOR RA-058 MEDIANTE PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA SUSTITUIR AL SULFATO DE ZINC EN LA EMPRESA MINERA NEXA RESOURCES S.A.C. UNIDAD EL PORVENIR”**



Dr. SALCEDO MEZA, MÁXIMO TOMÁS.

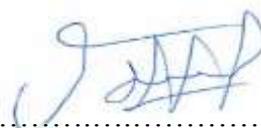
Presidente



Dr. SANCHEZ GUZMAN, ALBERTO

IRHAAN

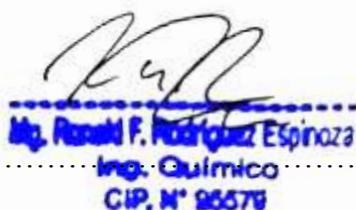
Secretario.



Mg. IMÁN MENDOZA,

JAIME.

Vocal.



Mg. Ronald F. Rodríguez Espinoza  
Ing. Químico  
CIP. N° 26578

M(o). RODRIGUEZ ESPINOZA, RONALD FERNANDO.

Asesor.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Juan Alanoca Flores y Martha Rojas Leyva y a mi pareja por brindarme su apoyo incondicional y la confianza durante mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios primeramente por guiarme en mi camino y darme la fortaleza en esta tarea para cumplirla.

A toda mi familia, a quienes les debo mucho por el apoyo.

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión que me permitió vivir una experiencia académica y seguir creciendo profesionalmente.

Agradezco a la Empresa minera Nexa Resources por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en la metalurgia extractiva.

Finalmente agradezco a los docentes académicos de nuestra facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica por la enseñanza recibida,

A todo ello, gracias.

## INDICE

CARATURA.....	I
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
INDICE.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXO.....	XIV
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPITULO I .....	19
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1.    DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	19
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1.    Problema General.....	20
1.2.2.    Problemas Específicos.....	20
1.3.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.3.1.    Objetivo General.....	21
1.3.2.    Objetivos Específicos.....	21
1.4.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.    DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.6.    VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	23

1.6.1.	Viabilidad Técnica.....	23
1.6.2.	Viabilidad Económica.....	23
1.6.3.	Viabilidad Social.....	23
1.6.4.	Viabilidad Operativa.....	23
CAPITULO II.....		24
MARCO TEÓRICO.....		24
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	25
2.2.1.	Flotación de minerales.....	25
2.2.1.2.	Minerales Hidrofílicos.....	25
2.2.1.2.	Minerales Hidrofóbicos.....	25
2.2.2.	Proceso de Flotación Por Espumas.....	26
2.2.3.	Fases en el proceso de flotación.....	26
2.2.3.1.	Fase Sólida.....	26
2.2.3.2.	Fase Líquida.....	26
2.2.3.3.	Fase Gaseosa.....	27
2.2.4.	Variables que intervienen en la flotación.....	27
2.2.4.1.	Mineral.....	27
2.2.4.2.	La pulpa.....	27
2.2.4.3.	PH.....	28
2.2.4.4.	El aire.....	28
2.2.4.5.	Agitación – Dispersión.....	28
2.2.4.6.	Reactivos.....	28
2.2.5.	Reactivos de flotación.....	29
2.2.5.1.	Colectores.....	30

2.2.5.2.	Espumantes. ....	31
2.2.5.3.	Modificadores. ....	32
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES. ....	34
2.4.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS. ....	36
2.4.1.	Hipótesis General. ....	36
2.4.2.	Hipótesis Específicas. ....	36
CAPITULO III.	.....	37
METODOLOGÍA.	.....	37
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	37
3.1.1.	Tipo de investigación.....	37
3.1.2.	Nivel de Investigación. ....	37
3.1.3.	Diseño de investigación.....	37
3.1.4.	Enfoque de la investigación.....	39
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	39
3.2.1.	Población.....	39
3.2.2.	Muestra. ....	40
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES. ....	41
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.4.1.	Técnicas a Emplear.....	42
3.4.1.1.	Entrevista. ....	42
3.4.1.2.	Observación. ....	42
3.4.1.3.	Análisis Documental.....	42
3.4.1.4.	Diagrama de Flujo.....	42
3.4.2.	Descripción de los Instrumentos.....	42
3.4.2.1.	Equipos. ....	42

3.4.2.2. Materiales.....	42
3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. ....	43
3.6. GENERACIÓN DE LA MUESTRA COMPOSITO. ....	43
3.7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA COMPOSITO GENERAL. ....	43
3.7.1. Chancado.....	43
3.7.2. Homogenizado y Cuarteo .....	44
3.8. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA.....	45
3.8.1. Análisis químico .....	45
3.8.2. Análisis de mallas valoradas de muestra cabeza.....	45
3.8.3. Pruebas de Moliendabilidad.....	47
3.9. PRUEBAS EXPERIMENTALES. ....	50
3.9.1. Pruebas Experimental Flotación Rougher y Scavenger.....	52
3.9.2. Pruebas Experimental de Flotación Estándar. ....	57
3.9.3. Pruebas Experimental Flotación Tipo Batch. ....	63
3.9.4. Pruebas Experimental Cinética de Flotación Bulk y Zinc. ....	69
3.9.5. Pruebas Experimentales Ciclo Cerrado Circuito Bulk y Zinc. ....	75
CAPITULO IV .....	81
ANALISIS DE RESULTADOS. ....	81
4.1. RESULTADOS FLOTACIÓN ROUGHER Y SCAVENGER. ....	81
4.2. RESULTADOS FLOTACIÓN ESTÁNDAR.....	82
4.3. RESULTADOS FLOTACIÓN TIPO BATCH.....	83
4.4. RESULTADOS FLOTACIÓN CINÉTICA.....	85
4.5. RESULTADOS FLOTACIÓN CÍCLICA CICLO CERRADO.....	87
CAPITULO V .....	92
DISCUSIONES. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	92

5.1.	DISCUSIONES.....	92
5.2.	CONCLUSIONES.....	93
5.3.	RECOMENDACIONES.....	95
	FUENTES DE INFORMACION .....	96
	ANEXOS .....	97

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Clasificación de Reactivos de Flotación por Espumas.....	29
<b>Figura 2</b> Clasificación de Colectores.....	30
<b>Figura 3</b> Colectores de Laboratorio Metalúrgico El Porvenir.....	30
<b>Figura 4</b> Clasificación de los Espumantes.....	31
<b>Figura 5</b> Espumantes de Laboratorio Metalúrgico El Porvenir.....	31
<b>Figura 6</b> Variedad de Espumantes.....	32
<b>Figura 7</b> Caracterización de Activadores, Depresantes y Modificador de Ph.....	33
<b>Figura 8</b> Depresores, Activadores y Modificadores de Ph.....	33
<b>Figura 9</b> Diseño de Investigación a Base de un Diagrama.....	38
<b>Figura 10</b> Composito Trimestral de setiembre, octubre y noviembre.....	39
<b>Figura 11</b> Cuarteador Automático EP`.....	40
<b>Figura 12</b> Chancadora de Quijada Primaria y Secundaria.....	44
<b>Figura 13</b> Cuarteador Jones para Muestras Solidas.....	44
<b>Figura 14</b> Distribución Metálica vs Tamaño de Partículas.....	47
<b>Figura 15</b> Molino de Bolas Laboratorio Metalúrgico.....	48
<b>Figura 16</b> Equipo Rotap de Laboratorio metalúrgico.....	48
<b>Figura 17</b> Curva de Acumulado vs Tamaño de Partícula.....	49
<b>Figura 18</b> Porcentaje pasante al 80 % vs Tiempo en segundos.....	50
<b>Figura 19</b> Tiempo de molienda vs Porcentaje Malla #-200.....	50
<b>Figura 20</b> Celda de Flotación Denver Laboratorio Metalúrgico.....	52
<b>Figura 21</b> Diagrama de Flotación de Rougher y Scavenger Circuito Bulk y Zinc.....	53
<b>Figura 22</b> Diagrama de Flotación Estándar Circuito Bulk y Zinc.....	58
<b>Figura 23</b> Diagrama de Flotación Batch Circuito Bulk y Zinc.....	64

<b>Figura 24</b> Diagrama de Cinética de Flotación Circuito Bulk y Zinc. ....	70
<b>Figura 25</b> Cinética de Flotación Bulk Tiempo vs Grado y Recuperación acumulada.....	73
<b>Figura 26</b> Cinética de Flotación Zinc Tiempo vs Grado y Recuperación acumulada. ....	74
<b>Figura 27</b> Diagrama Experimental Flotación Ciclo Cerrado en los Circuito Bulk y Zinc. ....	76
<b>Figura 28</b> Resultados de la Flotación Rougher e Scavenger Ley vs Recuperación.....	81
<b>Figura 29</b> Resultados de la Flotación Estándar Calidad vs Recuperación.....	82
<b>Figura 30</b> Resultados de la Flotación Batch Calidad vs Recuperación. ....	83
<b>Figura 31</b> Comparaciones De Leyes y Recuperaciones Flotación Batch. ....	84
<b>Figura 32</b> Resultados de Cinética de Flotación entorno a su Recuperación vs Tiempo. ....	86
<b>Figura 33</b> Resultados de la Flotación Cíclica Grados de Plomo y Zinc. ....	90
<b>Figura 34</b> Resultados de la Flotación Cíclica Recuperaciones de Plomo, Plata y Zinc. ....	91

## INDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables en estudio. ....	41
<b>Tabla 2</b> Ley de cabeza mineral composito para las pruebas experimentales. ....	45
<b>Tabla 3</b> Análisis de Mineral Cabeza Mediante Mallas Valoradas. ....	46
<b>Tabla 4</b> Tiempo en Función al Porcentaje malla #-200 y Porcentaje pasante. ....	49
<b>Tabla 5</b> Dosificación de Reactivos en la Flotación Rougher y Scavenger. ....	54
<b>Tabla 6</b> Prueba Experimental Nª 1 Rougher y Scavenger en los Circuitos Bulk y Zinc .....	55
<b>Tabla 7</b> Dosificación de reactivos en la Flotación Rougher y Scavenger.....	55
<b>Tabla 8</b> Prueba Experimental Nª 2 Rougher y Scavenger en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	56
<b>Tabla 9</b> Dosificación de Reactivos de en la Flotación Estándar. ....	59
<b>Tabla 10</b> Prueba experimental Nª 3 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	60
<b>Tabla 11</b> Prueba experimental Nª 4 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	60
<b>Tabla 12</b> Dosificación de Reactivos de en la Flotación Estándar. ....	61
<b>Tabla 13</b> Prueba experimental Nª 5 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	62
<b>Tabla 14</b> Prueba experimental Nª 6 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	63
<b>Tabla 15</b> Dosificación de Reactivos de en la Flotación Batch.....	65
<b>Tabla 16</b> Prueba experimental Nª 7 Flotación Batch en los Circuitos Bulk y Zinc.....	66
<b>Tabla 17</b> Dosificación de Reactivos de en la Flotación Batch.....	67
<b>Tabla 18</b> Prueba experimental Nª 8 Flotación Batch en los Circuitos Bulk y Zinc.....	68
<b>Tabla 19</b> Dosificación de Reactivos de en la Cinética de Flotación.....	71
<b>Tabla 20</b> Prueba experimental Nª 9 Cinética de Flotación en los Circuitos Bulk y Zinc. ....	72
<b>Tabla 21</b> Dosificación de Reactivos de en la Flotación Cíclica Ciclo Cerrado. ....	77
<b>Tabla 22</b> Prueba experimental Nª 10 Flotación Ciclo Cerrado en los Circuitos Bulk y Zinc.	78
<b>Tabla 23</b> Balance de Equilibrio últimos dos ciclos.....	80

<b>Tabla 24</b> Recuperación Acumulada según el porcentaje. ....	85
<b>Tabla 25</b> Prueba Cíclica Numero 1. ....	87
<b>Tabla 26</b> Prueba Cíclica Numero 2. ....	87
<b>Tabla 27</b> Prueba Cíclica Numero 3. ....	88
<b>Tabla 28</b> Prueba Cíclica Numero 4. ....	88
<b>Tabla 29</b> Prueba Cíclica Numero 5. ....	89
<b>Tabla 30</b> Prueba Cíclica Numero 6. ....	89
<b>Tabla 31</b> Beneficio económico del reactivo. ....	94

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Matriz de Consistencia General. ....	98
<b>Anexo 2</b> Pruebas de Moliendabilidad.....	99
<b>Anexo 3</b> Malla Valorada Composito Trimestral. ....	100
<b>Anexo 4</b> Diagrama Circuito de Dosificación de Reactivo en la Planta Concentradora. ....	101
<b>Anexo 5</b> Localización de Cerro de Pasco a El Porvenir .....	102
<b>Anexo 6</b> Ubicación Nexa Resources Unidad Mineral El Porvenir.....	103
<b>Anexo 7</b> Vista Unidad Minera El porvenir y Laboratorio Metalúrgico .....	104
<b>Anexo 8</b> Espumas de Pruebas Experimentales de Flotación.....	105
<b>Anexo 9</b> Realización de Pruebas Experimentales en el Laboratorio Metalúrgico. ....	106
<b>Anexo 10</b> Diagrama de Pruebas Experimentales nivel laboratorio El Porvenir.....	107
<b>Anexo 11</b> Diagrama de Fases Planta Concentradora El Porvenir .....	108
<b>Anexo 12</b> Hoja de seguridad MSDS Depresor Biodegradable RA-058.....	109

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

%	: Porcentaje
#	: Malla
µm	: Micras
D80	: Ochenta por ciento pasante a una determinada malla
ch	: Chancado
g/t	: Gramos por tonelada
ZnSO <sub>4</sub>	: Sulfato de Zinc
ppm	: Partes por millón
min	: Minutos
Recup.	: Recuperación
pág.	: Pagina
págs.	: Paginas
pH	: Potencial de hidrogeno
Rpm	: Revoluciones por minutos
Ro	: Rougher
scv	: Scavenger
tmsd	: toneladas métricas secas diarias

## RESUMEN

Nexa Resources Unidad El Porvenir es una empresa minera que procesa minerales polimetálico de plomo, zinc y cobre con agregados de plata y oro en sus concentrados que se encuentra ubicado en el distrito de Yarusyacan, provincia Pasco, región Pasco en la actualidad viene usando en sus operaciones de la planta concentradora como reactivo depresor al sulfato de zinc siendo un depresor de sulfuros de zinc, desestabilizando calidades y recuperaciones que no aceptables para la comercialización elevando el costo de consumo es por eso que se presenta esta investigación como alternativo al reactivo depresor biodegradable. siendo un depresante orgánico de similar comportamiento en la depresión de sulfuros de zinc y bajo costo que remplazara a nivel de laboratorio mediante pruebas experimentales al sulfato de zinc que se viene usando actualmente en la unidad minera el porvenir que mejorara la performance metalúrgica en grados de calidad y recuperaciones donde se empezó a generar un composito de muestras de mineral polimetálico de los meses de setiembre, octubre y noviembre 2019 de la planta concentradora, realizando su preparación mecánica, su caracterización metalúrgica mediante un análisis químico, mallas valoradas, pruebas de moliendabilidad seguido de pruebas experimentales; pruebas de flotación rougher scavenger como pruebas iniciales, pruebas de flotación estándar siendo nuestro esquema base, pruebas de flotación batch manteniendo las mismas condiciones, pruebas de cinética de flotación donde se involucra la rapidez de las espumas alcanzando altas recuperaciones según el tiempo y por ultimo pruebas flotación en circuito cerrado en bulk y zinc donde se recircula los medios de las colas de los cleaner para obtener un balance proyectado a etapa industrial en todas estas pruebas se está cumpliendo con el objetivo planteado de mejorar la performance metalúrgica.

**Palabras claves** Depresor orgánico biodegradable, Sulfato de zinc, Pruebas experimentales, Flotación bulk y zinc.

## ABSTRACT

Nexa Resources Unit El Porvenir is a mining Company that processes polymetallic minerals of lead, zinc and copper with aggregates of silver and gold in its concentrates, which is located in the Yarusyacan district, Pasco province, Pasco region, and is currently using operations of the concentrator plant as a zinc sulfate depressant reagent being a zinc sulphide depressant, not reaching acceptable qualities or recoveries for high commercialization, the cost of consumption is why this research is presented as an alternative to the . depressant reagent being a biodegradable organic depressant of similar behavior in the depression of zinc sulphides and low cost that would replace at the laboratory level through experimental tests to the zinc sulfate that is currently being used in the mining unit the future that will improve the metallurgical performance the grades and recoveries where a composite of samples of polymetallic ore from the months of September, October and November 2019 of the concentrator plant, performing its mechanical preparation, its metallurgical characterization through a chemical analysis, rated meshes, grinding tests followed by experimental tests; Rougher scavenger flotation tests as initial tests, standard flotation tests being our base scheme, batch flotation tests maintaining the same conditions, flotation kinetics tests where the speed of the foams is involved reaching high recoveries according to time and finally tests closed loop flotation in bulk and zinc where the means of the Cleaner's tails are recirculated to obtain a projected balance at the industrial stage in all these tests is meeting the objective set to improve metallurgical performance.

Key Words: Biodegradable organic depressant, Zinc sulfate, Experimental tests, Flotation bulk and zinc.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo titulado “EVALUACIÓN DEL DEPRESOR BIODEGRADABLE MEDIANTE PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA SUSTITUIR AL SULFATO DE ZINC EN LA EMPRESA MINERA NEXA RESOURCES S.A.C. – UNIDAD EL PORVENIR”.

En función a la investigación realizada en la unidad minera el porvenir siendo responsable de la producción de zinc con un 13% en nuestro país se presenta este alternativo para la sustitución del depresor sulfato de zinc en su proceso de flotación para la depresión del sulfuros de zinc donde se mejorara la performance metalúrgica usando el depresor orgánico biodegradable elevando su grado de calidad y su recuperación en la flotación bulk y zinc en base a los resultados de las pruebas experimentales se determinara el efecto de depresor en las misma condiciones y dosificaciones que el sulfato de zinc donde se evaluara el impacto con el medio ambiente por no ser toxico es una de sus ventajas siendo paralelo con la reducción de consto en un 48% que el sulfato de zinc; la presente investigación se desarrolló en el laboratorio metalúrgico el porvenir sin ninguna limitación con el apoyo de metalurgia con la probabilidad de ejecución a nivel industrial del nuevo depresor orgánico biodegradable de manera real y accesible con una marcha de pilotaje de 30 días en la planta concentradora que procesa 6500 toneladas por día obteniendo 440 toneladas de concentrado de zinc, 120 toneladas de concentrado de plomo y 4 toneladas de concentrados de cobre con agregados de plata y oro; la producción es diaria que consta de dos guardias que se compromete con la mejora continua en seguridad, medio ambiente y calidad del producto a comercializar.

## CAPITULO I

### PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

La empresa minera Nexa Resources extrae minerales polimetálicos Pb, Cu y Zn en el 2018 fue una de las principales empresas productoras de zinc en el Perú. Según la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía ocupando Antamina (con el 32 % del total producido de zinc), Volcán (17 %) y Nexa Resources (13 %) Estas tres empresas fueron responsables del 62% de la producción de zinc en el 2018. Siendo la región Pasco rico en minerales polimetálicos que contienen en sus yacimientos mineros elementos metálicos valiosos para la comercialización como cobre, plomo, zinc, plata y oro.

En los 2 últimos años (2018-2019) la operaciones del porvenir fueron creciendo para mayor producción de concentrados donde se realizó cambios de sus instalaciones de la planta concentradora con el remplazo de la chancadora de quijada 440 secundaria Sandvik por una chancadora 660 Sandvik en el circuito chancado con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso de chancado, la clasificación de ambas zarandas vibratorias y conseguir un menor P80 posible en el proceso.

El remplazo de una zaranda vibratoria inclinada SH 8 pies x 20 pies DD Marca Metso por una zaranda primaria vibratoria inclinada LH 8 pies x 20 pies DD Marca Metso con mejores mecanismos para incrementar el tonelaje por día reduciendo las horas de chancado y aprovechar la máxima capacidad del equipo.

Circuito molienda el montaje de dos hidrociclones D26 para la etapa de clasificación mejorando la distribución de alimentación en las zarandas de alta frecuencia reduciendo la carga circulante y así incrementando su tonelaje de tratamiento de 6200 tmsd a 6500 tmsd con un promedio de ley de cabeza de Pb 1.33 % , Cu 0.20 % , Zn 3.35 % , Fe 10.26 % , Bi 0.02

%, Mn 0.31%, Ag 1.65 Oz/TM y Au 0.41g/t para mejorar la recuperación con eficiencia y concentrados de calidad en la etapa de flotación esta investigación realizó pruebas experimentales con un nuevo depresor orgánico para sustituir al sulfato de zinc como un solo depresor selectivo en la etapa de flotación Bulk reduciendo ahorros de hasta 50% en costos de transporte y almacenaje, al no ser un producto peligroso y su uso no es regulado bajando el consumo de reactivos en la operación sus ventajas de este nuevo producto, de consistencia líquida y color oscuro, es que mantiene los relaves mineros con 0% de contaminantes así impactando positivamente al medio ambiente dando un valor agregado a los concentrados

Este estudio está sustentado en la inclusión del nuevo depresor orgánico para depresión de sulfuros de zinc en la flotación de Bulk reduciendo el desplazamiento del zinc al plomo generando una mejor flotabilidad e incrementado la recuperación de concentrados de plomo y zinc.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema General.**

¿Cómo mejora la performance metalúrgica el depresor orgánico biodegradable en la calidad del concentrado y su recuperación en la flotación bulk y zinc de la Empresa Minera Nexa Resources S.A.A - Unidad el Porvenir?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

- ¿Determinar el efecto del depresor biodegradable en la recuperación y calidad del concentrado bulk y zinc durante el proceso de flotación?
- ¿Cuáles son las condiciones de dosificación del depresor biodegradable?
- ¿Se mejorará el grado y recuperación del plomo y zinc?
- ¿Se reducirá el costo del reactivo por ser menos toxico?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Sustituir al sulfato de zinc con un nuevo depresor orgánico biodegradable en el proceso de flotación bulk con pruebas experimentales mejorando la performance metalúrgica de calidad y recuperación de plomo y zinc en la Empresa Minera Nexa Resources S.A.A. - Unidad el Porvenir.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar pruebas experimentales con el nuevo depresor orgánico biodegradable para determinar el efecto en la etapa de flotación bulk y zinc.
- Determinar el consumo del depresor biodegradable en las mismas condiciones de operación.
- Mejorar el grado de calidad y la recuperación del plomo y zinc.
- Reducir costos y disminuir impacto de los efluentes y el medio ambiente usando reactivo biodegradable.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para plantear esta investigación es necesario relacionar los aspectos del porque es importante realizar esta performance metalúrgica, por tal efecto indicamos las siguientes justificaciones:

La flotación de minerales en polimetálicos, que se viene realizando durante mucho tiempo y es actualmente practicado en casi todas las plantas concentradoras de minerales polimetálicos, se ha modernizado y automatizado en sus circuitos para obtener mejores resultados es considerada como uno de los procesos que representa mayor costo en el proceso de concentración de minerales, después de la etapa de partición y liberación del mineral (Chancado y Molienda). Esto se debe principalmente

a la cantidad (dosificación) de reactivos empleados y al grado de dificultad que implica el manipular o trabajar con cada uno de estos reactivos debido a las diferentes características que presentan su mineralogía.

Con la alternativa propuesta de utilizar el depresor biodegradable siendo un reactivo orgánico en la etapa de flotación por ser más selectivo, remplazándolo al sulfato de zinc y mejorando el grado de concentrados será beneficioso la comercialización de los concentrados con mejores ventajas en beneficio económico y ambiental para la empresa y a todos los que involucren en ella.

#### **1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.**

La presente investigación se ha desarrollado en el departamento de Pasco, provincia de Cerro de Pasco, distrito de San Francisco de Yarusyacan donde limita con la unidad minera El Porvenir perteneciente a la empresa Brasileña Nexa Resources S.A.C desarrollándose sin ninguna limitación para esta investigación aportando con la empresa el área de procesos se ha tenido el apoyo de todo el equipo de metalurgia para realizar las pruebas experimentales y analizar los resultados del nuevo depresor orgánico biodegradable a escala laboratorio.

En cuanto a los recursos para las pruebas tampoco se tuvo limitaciones porque teníamos los insumos y materiales a nuestra disposición, toma de muestras en la planta concentradora con muchas posibilidades de llevarlo a escala industrial.

## **1.6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO.**

### **1.6.1. Viabilidad Técnica.**

La Unidad Minera El Porvenir está llevando un estudio técnico teniendo los recursos necesarios para mejorar las operaciones analizando todos los posibles riesgos en el proceso con la sustitución del nuevo depresor orgánico biodegradable.

### **1.6.2. Viabilidad Económica.**

Con la sustitución del sulfato de zinc por el nuevo depresor orgánico biodegradable la diferencia es notable respecto a costo de transporte por menor consumo con las mismas ventajas y mejores beneficios del producto a comercializar alcanzado mejores presupuestos de ganancias anuales.

### **1.6.3. Viabilidad Social.**

El impacto social es positivamente con el medio ambiente por ser un depresor orgánico biodegradable sin ser toxico mejorando la condiciones de vida de los trabajadores de operación que están expuestos al proceso de flotación.

### **1.6.4. Viabilidad Operativa.**

La probabilidad de ejecución a nivel industrial del nuevo depresor orgánico biodegradable es de una manera real y accesible con una marcha de pilotaje de 30 días para su evaluación y permanencia así integrándose al proceso de la concentradora. La realización de la presente investigación es viable, por cuanto se tiene los conocimientos teóricos, los medios técnicos y los recursos económicos necesarios. Cuenta con la autorización de la empresa Nexa correspondiente a la gestión de metalurgia a efectos de llevar a cabo el correspondiente trabajo de campo a una etapa industrial.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

La mayoría de las unidades mineras ubicadas en la sierra central del Perú como Volcán, Raura, Casapalca, Buenaventura, Huaron, Quiruvilca, Nexa Resources, entre otras minas en sus operaciones benefician mineral polimetálico Zn, Pb, Cu y Ag, por lo general el esquema de flotación seguido en estas plantas concentradoras en su preparación y dosificación de reactivos dosifican sulfato de zinc como depresor primario de sulfuros de zinc en su circuitos los cual pueden ser remplazados por el depresor biodegradable siendo un producto orgánico porque se descompone en los elementos químicos esenciales que lo conforman, debido a la influencia de agentes biológicos, como plantas, animales, hongos y microorganismos , bajo una natural condición ambiental.

Esta investigación fue estudiado por de la empresa RESCO S.A (reactivos, espumantes y colectores) en el año 2016 se da inicio a la investigación del producto orgánico y biodegradable seguido en el 2017; se realizan los primeros prototipos con minerales polimetálicos donde se empieza las síntesis en laboratorio de Resco ubicado Panamericana sur Km. 19 Lote N° 1 en el Fundo Villa del distrito Villa El Salvador llegando a buenos resultados el 2018 se realizan las primeras pruebas metalúrgicas con diferentes minerales donde se establece las operaciones unitarias para el proceso industrial, comprobando la eficacia a través de pruebas experimentales lo cual conlleva los análisis y resultados al lanzamiento de reactivo biodegradable como depresor de sulfuros zinc y sustituyendo parciamente al sulfato de zinc de los siguientes proveedores Sermina.S.A, E innova, Andina S.A, Ferrosalt y Zinsa. Llegando al

mercado como marca registrada en el 2019. Se gestionó para una visita técnica a la Unidad Minera El Porvenir ubicado en el distrito de San Francisco de Yarusyacan, provincia de Pasco, que está situado a 15 Km al noreste de la localidad de San Juan de Yanacancha Cerro de Pasco para realizar pruebas y balances metalúrgicos con el área de laboratorio metalúrgico y teniendo como resultados el remplazo del sulfato de zinc.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. Flotación de minerales.**

El principio fundamental de flotación se relaciona en la adhesión como punto principal gracias a una buena liberación, dosificación de reactivos y un circuito de celdas que tienes como resultado final grados de concentrados y una buena recuperación metálica (Hector, 2003).

El proceso de flotación se basa en la interacción entre las burbujas de aire y las partículas del solido presentes en la pulpa. La eficiencia que tienen las burbujas para atrapar en forma selectiva las partículas de mineral y luego ascender cargadas hasta el rebalse, depende de múltiples fenómenos que ocurren en la pulpa; principalmente, diferencias en las propiedades físico - químicas superficiales de las partículas.

#### **2.2.1.2. Minerales Hidrofilicos.**

Las partículas cuyas superficies son hidrofilicos prefieren estar en contacto con el agua como óxidos, sulfatos, silicatos y carbonatos (Olivares, 1984).

#### **2.2.1.2. Minerales Hidrofóbicos.**

Las partículas hidrofóbicas prefieren adherirse a las burbujas de aire que pasan cerca de ellas, en vez de permanecer en el agua (Nuñez, 1987).

### **2.2.2. Proceso de Flotación Por Espumas.**

La flotación de espuma se realiza gracias a la adhesión selectiva de partículas hidrófobas a pequeñas burbujas de gas (aire) que son inyectadas al interior de la pulpa. El conjunto partícula mediante burbujas asciende a la superficie formando una espuma mineralizada, la cual es removida por medio de paletas giratorias o simplemente por rebalse. Las propiedades superficiales de las partículas y las características del medio pueden ser reguladas con ayuda de reactivos (Ramos, 2000)

### **2.2.3. Fases en el proceso de flotación.**

La flotación es un proceso heterogéneo, es decir, involucra más de una fase: sólido (mineral), líquido (agua) y gaseosa (burbujas).

#### **2.2.3.1. Fase Sólida.**

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

#### **2.2.3.2. Fase Líquida.**

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 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.

### **2.2.3.3. Fase Gaseosa.**

Es el aire que se inyecta en la pulpa neumática para poder formar las burbujas que son los centros sobre los cuales se adhieren las partículas sólidas. La función del aire es transportar las partículas de mineral hasta la superficie de la pulpa lo cual el aire interviene químicamente en el procesos de flotación.

### **2.2.4. Variables que intervienen en la flotación.**

#### **2.2.4.1. Mineral.**

El mineral que ingresa a flotación debe ser de un tamaño óptimo para obtener concentrados de calidad y buenas recuperaciones puede estar constituido por una asociación de distintos elementos como sulfuros, carbonatos y óxidos.

#### **2.2.4.2. La pulpa.**

Es la mezcla de mineral molido más agua, que se obtiene de las descarga de los molinos luego entra a la etapa de clasificación mediante hidrociclones o zarandas de alta frecuencia que separa las partículas menores y mayores llamados over flow que va como alimento de flotación y under flow regresa a los molinos secundarios por ser partículas gruesas (Ballester & Luis Felipe Verdaja, 2000).

La pulpa debe tener una densidad correcta, si la densidad de molienda es muy fina las partículas finas se desplazaran hacia el siguiente circuito activando elementos valiosos o generado leyes por fuera del rango en los relaves se tendrán dificultades para flotar

#### **2.2.4.3. PH.**

Es el potencial de hidrogeno es decir, indica la alcalinidad de la pulpa su influencia es debido a su acción sobre las sales disueltas en la pulpa de flotación modificando completamente la reacción entre los minerales y reactivos alterando la acción superficial de los reactivos (TECSUP, 2011).

#### **2.2.4.4. El aire.**

Ayuda en la agitación de la pulpa formándose burbujas que son rodeadas de espumante forman la columna de espumas y transportan los sulfuros valiosos hasta la superficie. Se debe tener un buen control sobre la alimentación del aire a las celdas, no debe alimentarse ni en exceso ni deficiente el nivel de la pulpa se regula con los controladores de nivel de pulpa (TYLER INDUSTRIAL PRODUCTS, 1978).

#### **2.2.4.5. Agitación – Dispersión.**

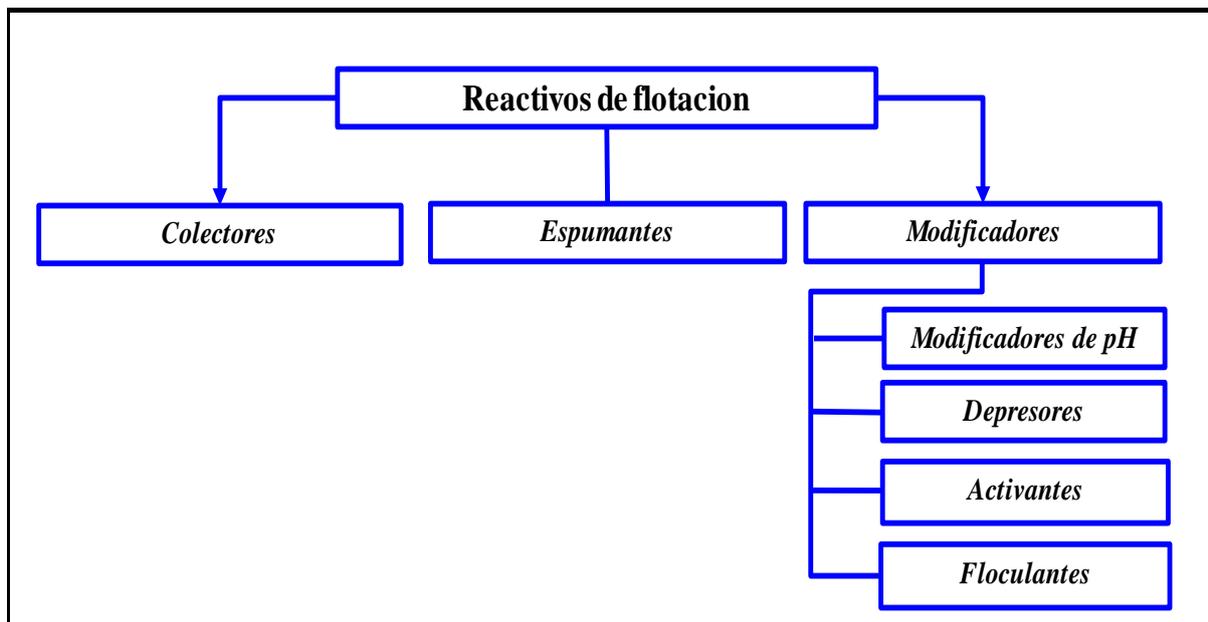
Mantener las partículas de mineral en movimiento y suspendidas para que no se asienten permitiendo una mejor mezcla entre las partículas de mineral y los reactivos dispersando la pulpa de las partículas de mineral una de otras (Madueño, 1998).

#### **2.2.4.6. 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 (Yianatos & Jofre, 2005).

### 2.2.5. Reactivos de flotación.

Los reactivos son sustancias inorgánicas y orgánicas que son el componente más importante que influye en la flotabilidad, siendo un elemento importante del proceso que influye con gran sensibilidad, ya que no solo tienen repercusión el tipo de reactivo, sino también su combinación, dosis, forma y orden de adición teniendo 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 en función a su papel predeterminante en la flotación y se clasifican en colectores, espumantes y modificadores (Azañero, 2015, pág. 69).

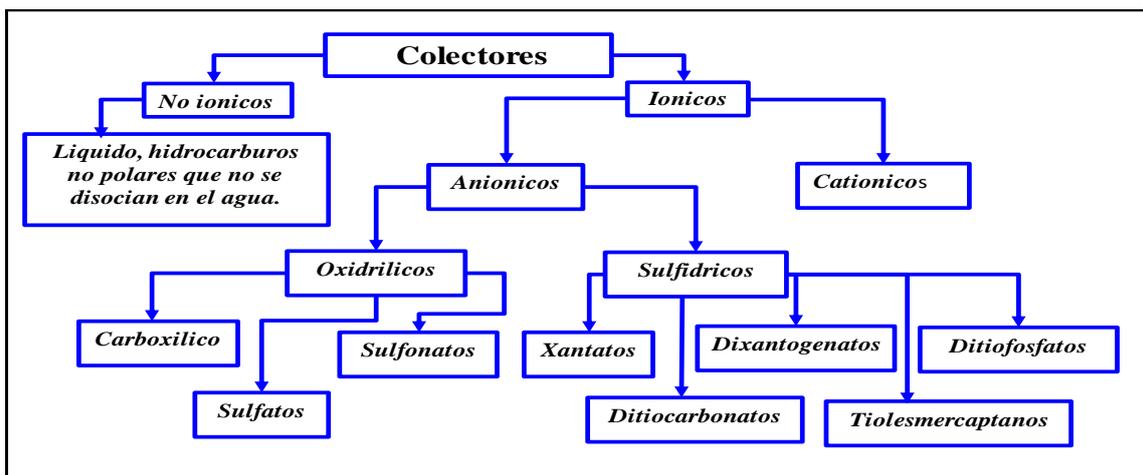


*Figura 1* Clasificación de Reactivos de Flotación por Espumas.

Nota: Fuente de elaboración en función a la información extraído de libro (Azañero, 2015, pág. 70 ).

### 2.2.5.1. Colectores.

Compuestos orgánicos solubles en agua. En general, el grupo polar es la parte del colector que se adsorbe en la superficie del mineral mientras que la cadena de hidrocarburos, siendo no-iónica por naturaleza, provee repelencia a la superficie del mineral después de la adsorción del colector. Los colectores se clasifican según el grupo funcional o en el tipo de mineral colectados. Estos reactivos son usados para lograr la selectividad del mineral hidrofóbico valioso (Azañero, 2015, págs. 71-72).



*Figura 2 Clasificación de Colectores.*

Nota: Fuente de elaboración en función a la información extraído de libro (Gutierrez, 2011, pág. 39).

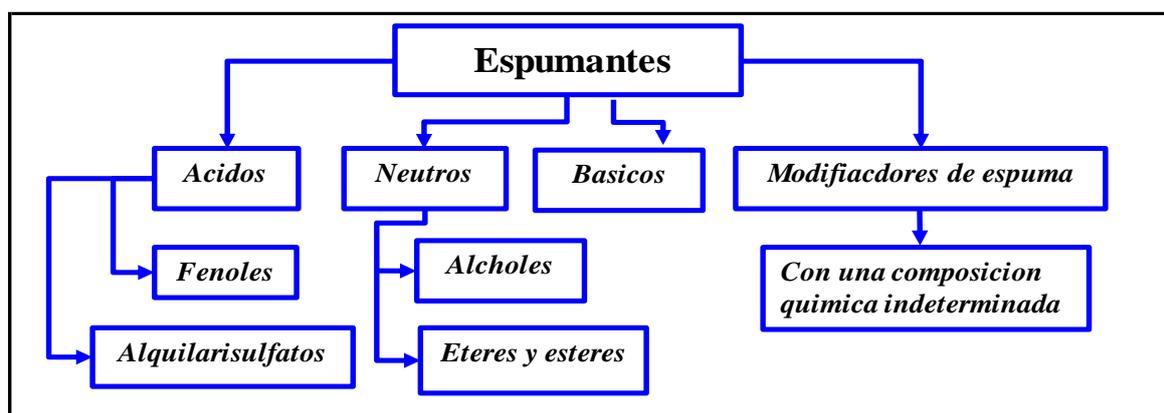


*Figura 3 Colectores de Laboratorio Metalúrgico El Porvenir.*

Nota: Fuente fotografía propia tomada en el laboratorio metalúrgico el porvenir colección de colectores traídos por diferentes proveedores para la sustitución de reactivos en la unidad minera previa evaluación.

### 2.2.5.2. Espumantes.

Materias orgánicas heteropolares, con gran afinidad al agua. En forma más completa, se puede decir que mientras los colectores tienen afinidad por la interfase líquido - sólido, los espumantes la tienen por la interfase líquido - gas. En general, las propiedades espumantes dependen del grupo apolar y aumentan hasta cierto punto con el número de carbonos del radical. Las propiedades espumantes de los alcoholes y alquílicos son casi iguales si tienen el mismo número de carbonos. (Sotulov, 1963, págs. 103-109).



*Figura 4 Clasificación de los Espumantes.*

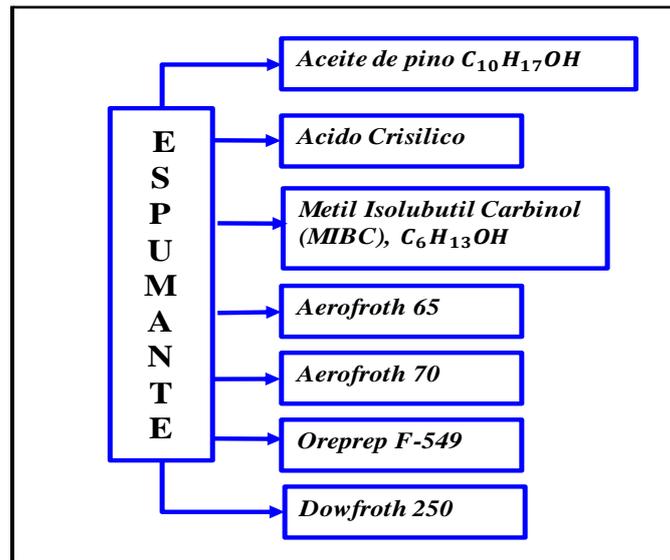
Nota: Fuente de elaboración en función a la información extraído de libro (Gutierrez, 2011, pág. 52).



*Figura 5 Espumantes de Laboratorio Metalúrgico El Porvenir.*

Nota: Fuente fotografía propia tomada en el laboratorio metalúrgico el porvenir colección de Espumantes traídos por diferentes proveedores para la sustitución de reactivos en la unidad minera previa evaluación.

Hay una variedad de espumantes y fabricantes entre los más usados son los siguientes



**Figura 6** Variedad de Espumantes.

Nota: Fuente de elaboración en función a la información extraído de libro (Azañero, 2015).

### 2.2.5.3. Modificadores.

Cumple una función específica de los reguladores o modificadores, es preparar las superficies minerales para la adsorción de un determinado reactivo y crear en la pulpa las condiciones propicias para que actúen otros reactivos y realizar de la mejor la flotabilidad estos modificadores se clasifican en activadores, depresantes y modificadores de pH (Azañero, 2015, pág. 90).

#### a. Activadores.

Fomentan las propiedades hidrofóbicas de los minerales y aumentan su flotabilidad.

#### b. Depresores

Hidrofilizan las superficies minerales e impides su flotación.

#### c. Modificador de PH

Controlan la concentración iónica de las pulpas y sus reacciones a través de la acidez o basicidad. (Loya & Gutierrez, 1988)

Estos reactivos modificadores son caracterizados por su agente activo, adición en forma de compuesto, uso y acompañado a un colector.

Agente activo	Adicionado como	Uso Comun	Colector
<b>Cationico</b>			
$Cu^{++}$	Sulfato de Cobre ( $CuSO_4$ )	Activador de sulfuros de Zn, Fe, Co, Ni	Xantato
$Pb^{++}$	Acetato de plomo	Activador de la Estibina	Xantato
$Pb^{++}$	Acetato de plomo	Activador de la halita	Acido graso
$Ca^{++}$	Cal ( $CaO$ )	Depresor de pirita	Xantato
$Zn^{++}$	Sulfato de Zinc ( $ZnSO_4$ )	Depresor de Esfalerita y marmatita	Xantato
<b>Anionico</b>			
$O^{--}$	aire	Depreseor de pirrotita	Xantato
$SO_3^{--}$	( $Na_2SO_3$ )	Depreseor de Esfalerita	Xantato
$S^{--}$	( $Na_2S$ )	Activador de mineral oxidado de Pb y Cu	Xantato
$CN^{--}$	Cianuro de sodio ( $NaCN$ )	Depresor de sulfuros de Cu, Zn y Fe	Xantato
$SiO_3^{--}$	Silicato de sodio	Activador de sulfuros de plomo	Xantato
$CO_3^{--}$	( $Na_2CO_3$ )	Depresor de gangas	Acido graso
<b>Organico</b>			
Resco RA 058	Organico	Depresor de sulfuros de Cu, Zn y Fe	Xantato
RESCO RA CN300	Organico	Depresor de Sulfuros de zinc	Xantato

**Figura 7** Caracterización de Activadores, Depresantes y Modificador de Ph.

Nota: Fuente de elaboración en función a la información extraído de libro (Gutierrez, 2011, pág. 22).



**Figura 8** Depresores, Activadores y Modificadores de Ph.

Nota: Fuente fotografía propia tomada en el laboratorio metalúrgico el porvenir colección de Depresores, Activadores y Modificadores de pH traídos por diferentes proveedores para la sustitución de reactivos en la unidad minera previa evaluación.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

- a. **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
- b. **Calidad del agua:** La disponibilidad de agua generalmente es un problema serio. Se emplea agua industrial o agua de recirculación recuperada del proceso y que contienen cantidades residuales de reactivos.
- c. **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.
- d. **Circuito:** Es el término que se emplea para expresar los caminos que siguen las corrientes de flujo principal de la pulpa que se va empobreciendo y la de los géneros que se van concentrando con objeto de aumentar la diferencia de valor entre ellos.
- e. **Cinética de flotación:** La definición de velocidad de flotación, o sea, la recuperación de especies minerales en la espuma en relación con el tiempo
- f. **Cleaner:** Flotación de limpieza que están sujetas a flotaciones repetidas para mejorar la calidad de concentrado.
- g. **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 en mayor cantidad.
- h. **Concentración:** Proceso metalúrgico mediante la cual se elimina la ganga o material estéril obteniéndose el concentrado el mineral
- i. **Contenido Metálico:** Es la cantidad de un metal valioso en peso contenido en un producto.
- j. **Colector:** Es el reactivo fundamental del proceso de flotación puesto que produce la película hidrofóbica sobre la partícula del mineral.

- k. Cianuro de Sodio:** (NaCN): Son cristales en forma de pellets de color blanquecino, se usan para el recubrimiento y depresión de minerales sulfurados de fierro, cobre y zinc.
- l. Ciclo cerrado:** Como objetivo principal confirmar las mejores condiciones en el proceso de flotación a nivel laboratorio.
- m. Densidad de pulpa:** Es la relación existente entre la masa de pulpa y su volumen correspondiente.
- n. Dosificación de Reactivos:** Es la cantidad de reactivos en peso agregado a la pulpa referida a una tonelada de mineral.
- o. 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).
- p. 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.
- q. Flotación Flash:** La idea básica es flotar las partículas apenas hayan adquirido un nivel liberación suficiente. Integra la flotación al circuito de molienda, Típicamente permite flotar las partículas de sulfuros pesados ya liberadas evitando así una remolienda inútil.
- r. 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.
- s. Ley:** Es el parámetro que se expresa la calidad de un mineral, un concentrado, o cualquier producto que contenga especies metálicas. Normalmente la ley se expresa en porcentajes cuando se trata de metales básicos Onzas por tonelada o gramos por tonelada cuando se trata de oro, plata u otro metal precioso.
- t. Granulometría:** Termino que se usa en el tamaño de partículas.
- u. 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.

- v. **Orgánico:** Sustancia que esta contiene carbono, oxígeno e hidrogeno.
- w. **Biodegradable:** Producto que se descompone en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos como el agua, bacterias y animales.
- x. **Rougher:** Flotación primaria donde se recupera una alta proporción de las partículas valiosas.
- y. **Scavenger:** Es la operación en la que se recupera la mayor cantidad de valiosos posibles; su relave será un descarte final, mientras que su concentrado deberá retornar generalmente a la etapa rougher para incrementar su ley.

## 2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

### 2.4.1. Hipótesis General.

El depresor orgánico biodegradable de reactivos Resco optimizara la flotación, aumentado los grados de calidad y recuperaciones de bulk y zinc en la Empresa Minera Nexa Resources Unidad el Porvenir.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas.

- El efecto del depresor orgánico biodegradable remplazara al sulfato de zinc en la flotación bulk.
- Las pruebas experimentales de flotación con el depresor biodegradable nos determinara disminución de los consumos de sulfato de zinc y cobre.
- Los estudios de la dosificación del depresor orgánico biodegradable nos determina si cumple tener similar comportamiento que el sulfato de zinc en las mismas condiciones de operación.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. DISEÑO METODOLÓGICO**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La siguiente investigación es de tipo experimental porque se realizaron un programa de pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio en la minera Nexa Resources unidad el porvenir para sustituir al depresor sulfato de zinc por un reactivo orgánico biodegradable de la empresa rescoc mejorando el grado de calidad y la recuperación de plomo y zinc.

##### **3.1.2. Nivel de Investigación.**

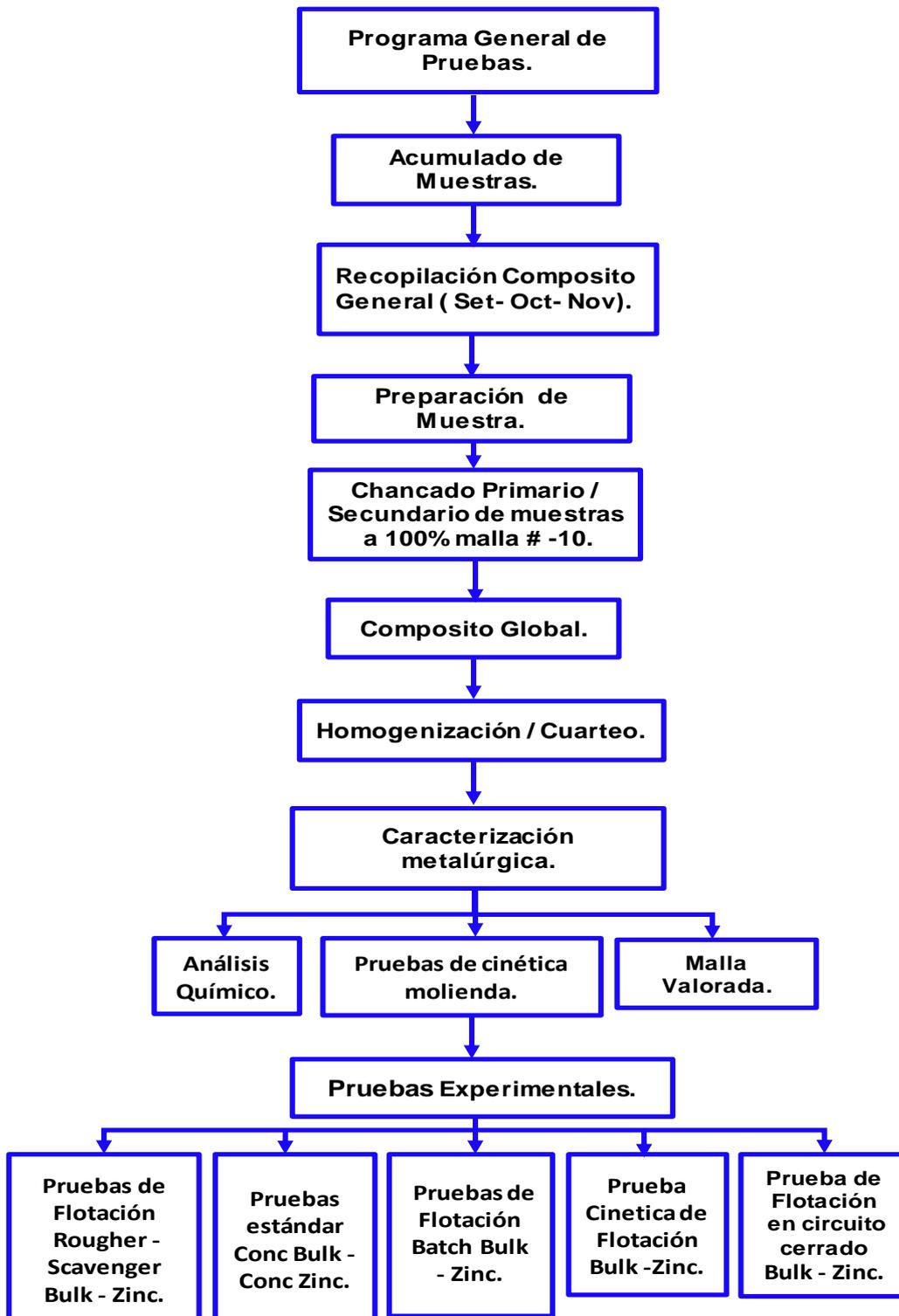
Es de nivel experimental porque se conoce los factores donde se aplicara diferentes pruebas experimentales para mejorar la calidad y recuperación

##### **3.1.3. Diseño de investigación**

Para cumplir con los objetivos de presente estudio se realizó el siguiente diseño de investigación cumpliendo un diagrama de pruebas.

- Programa de preparación de las muestras
- Análisis Químico de muestra del composito general.
- Mallas Valoradas de la muestra de composito general 100% malla # -10.
- Determinación de la curva de cinética de molienda para las pruebas de flotación.
- Pruebas experimentales de Flotación Rougher – Scavenger Bulk y Zinc.
- Pruebas experimentales Flotación Estándar Circuito Bulk y Zinc.
- Pruebas experimentales Flotación Batch Bulk y zinc.

- Pruebas experimentales Cinética de Flotación Bulk y Zinc a 5 tiempos.
- Pruebas experimentales Ciclo Cerrado de Flotación Bulk y Zinc.



*Figura 9* Diseño de Investigación a Base de un Diagrama.

Nota: Fuente elaboración a criterio personal enfocado en presentar un diseño particular donde se puede distribuir a base de un diagrama de flujo donde se cumplirá la metodología.

### 3.1.4. Enfoque de la investigación

Es un enfoque científico y dentro de este rubro se aplicara la investigación.

- Descriptiva: Mediante este método se realizara la descripción de los fenómenos y comportamiento de las etapas que ocurren durante las pruebas experimentales.
- Explicativa: Durante las pruebas experimentales se hará la respectiva explicación de la causa y el efecto de cada etapa de las pruebas.
- Experimental: Se realiza la manipulación de las variables independientes y ver su respuesta en la variable dependiente.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 3.2.1. Población.

La población es el mineral composito mensual de los meses de setiembre, octubre y noviembre del año 2019 muestreado en la planta concentradora El Porvenir que está políticamente ubicado en el distrito de Yarusyacan, provincia de Pasco, región Pasco, está situado a 15 Km al Noreste de la localidad de Cerro de Pasco.



**Figura 10** *Composito Trimestral de setiembre, octubre y noviembre*

Nota: Fuente Recolección del mineral de la planta el porvenir muestra composito malla # -10 homogenizado y cuarteado para las pruebas.

### 3.2.2. Muestra.

La muestra es el mineral que es recolectado de la planta concentradora que trabaja en dos guardias de 12 horas cada una durante el día.

La muestra cabeza de mineral son muestreados por los cortadores automáticos instalados entre las fajas transportadoras designadas 11-A que alimenta al molino primario uno (MP-1) y la faja transportadora designada 11-B que alimenta al molino primario dos (MP-2), en donde estos cuarteadores cortan el mineral cada 45 minutos un promedio de 6 kg por corte en una bandeja cilíndrica de donde el personal encargado recoge la muestra cumpliendo el procedimiento para la toma de muestras. El preparador de muestras en el laboratorio químico metalúrgico determina su humedad y también envía para su respectivo análisis químico para la guardia y la contra muestra que es se almacena en un cilindro con tapa sellada a esto se denomina composito.



**Figura 11** Cuarteador Automático EP`.

Nota: Fuente Cuarteador automático instalados en los alimentos de los molinos primarios,

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.

*Tabla 1 Operacionalización de Variables en estudio.*

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
<b>Independiente</b>			
Depresor orgánico biodegradable	Compuestos orgánicos vegetales un producto es totalmente miscible en agua con una buena solubilidad, lo que permite su rápida integración en la pulpa de flotación.	Acondicionamiento Proceso	– Tiempo – Dosificación – Impacto
<b>Dependientes</b>			
Reactivos	Son el componente y la variable más importante del fenómeno de la flotación por su efecto.	Control	– Calidad. – Recuperación.
<b>Intervinientes</b>			
		Preparación	– Granulometría. – Densidad de pulpa. – Ph. – Acondicionamiento.

Nota: Fuente elaboración de variables independiente, dependientes e intervinientes.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.4.1. Técnicas a Emplear.**

##### **3.4.1.1. Entrevista.**

Se realiza a los profesionales que laboran en la empresa y operadores con una amplia experiencia, analistas de la empresa Resco por ser encargados del producto orgánico biodegradable para el remplazo del sulfato de zinc.

##### **3.4.1.2. Observación.**

Esta técnica se toma los apuntes de los efectos en las pruebas experimentales.

##### **3.4.1.3. Análisis Documental.**

Son datos de fuentes primarias de la empresa investigadora Resco S.A dueños preliminares del producto orgánico biodegradable.

##### **3.4.1.4. Diagrama de Flujo.**

Se realiza un programa de pasos para obtener los resultados favorables con el reactivo propuesto del nuevo depresor orgánico biodegradable.

#### **3.4.2. Descripción de los Instrumentos.**

##### **3.4.2.1. Equipos.**

Equipos de laboratorio como son chancadora de quijada, celda de flotación, molino, filtro de prensa, estufa de secado, pulverizadora, rotap, balanzas electrónicas, equipo de absorción atómica, computadora y impresora.

##### **3.4.2.2. Materiales.**

Reactivos de flotación (cianuro de sodio, sulfato de zinc, reactivo orgánico biodegradable, aerophine -3418, MIBC, sulfato de cobre, cal, xantanto Z.11, Flottec 4234, mallas ASTM, bandejas y cuaderno de apuntes.

### **3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

La técnica usada para el procesamiento de la información será por un análisis estadístico usando la herramienta de ofimática como es Excel donde se mostrara la información de cálculos, cuadros, figuras y resultados de toda la metodología aplicada en las pruebas experimentales usando el nuevo depresor orgánico biodegradable.

### **3.6. GENERACIÓN DE LA MUESTRA COMPOSITO.**

Se generó la muestra composito a partir de la recopilación la muestra cabeza de las guardias de la planta concentradora que corresponde a minerales polimetálicos con contenidos de zinc, plomo, cobre, plata, oro y fierro en gran presencia.

### **3.7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA COMPOSITO GENERAL.**

Se procedió a la preparación del composito global con chancado, zarandeo, homogenización y cuarteo.

#### **3.7.1. Chancado.**

Se realizó con un chancado primario y secundario en forma secuencial obteniendo la granulometría correcta 100 % malla # -10 con un total de 260 kg que se recolecto de los compositos de setiembre, octubre y noviembre del 2019.

Se empleó dos chancadora de quijada de 5 x 6 (primaria) con una abertura de set de  $\frac{1}{2}$  pulgada y la siguiente de 1.5 mm el producto de la chancadora secundaria paso por un tamizaje de malla Tyler de 2000  $\mu$ m hasta obtener todo el bloque global para realizar el homogenizado y cuarteo.



**Figura 12** Chancadora de Quijada Primaria y Secundaria.

Nota: Fuente fotografía tomada en área de preparación de muestras del Laboratorio Metalúrgico en la unidad el porvenir donde se cuenta con dos chancadoras de quijadas nivel laboratorio.

### 3.7.2. Homogenizado y Cuarteo

La muestra total se homogeniza en forma de un manto manual levantando las esquinas diagonalmente opuestas a la manta haciendo que la muestra ruede y se mezcle homogéneamente por 30 veces una vez bien homogenizado se realiza la partición de la muestra mediante un cuarteador Jones se carga el mineral subdividiendo en dos partes iguales bien distribuidos hasta obtener fracciones compartida de un 1 kg.



**Figura 13** Cuarteador Jones para Muestras Solidas.

Nota: Fuente fotografía del área de preparación de muestras del Laboratorio Metalúrgico donde se cuenta con el cuarteador Jones.

### 3.8. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA.

#### 3.8.1. Análisis químico

Se tomó 1 kg de la partición fraccionada del composito general a 100 % malla #-10 se pulverizo a 85 % malla #-200 para su respectivo análisis químico y determinar su ley de los siguientes elementos químicos plata, plomo, zinc, cobre, bismuto, manganeso, oxido de plomo y oro el cuadro N°1 se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 2** Ley de cabeza mineral composito para las pruebas experimentales.

Ag/Oz/t	Au g/t	Cu%	Pb%	Zn%	Fe%	Bi%	Mn%	OxPb%
1.65	0.41	0.20	1.33	3.35	10.26	0.02	0.31	0.21

Nota: Fuente Resultados del reporte químico del laboratorio químico lectura absorción atómica

#### 3.8.2. Análisis de mallas valoradas de muestra cabeza.

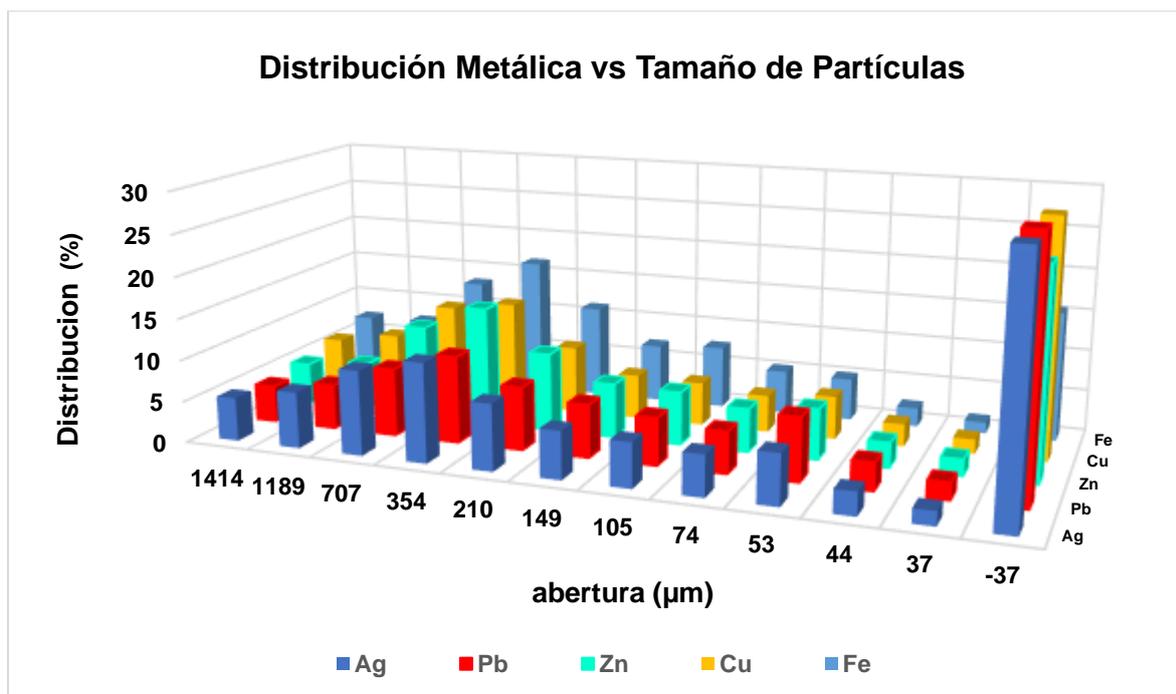
El análisis de mallas valoradas se realizó del composito global 100 % malla #-10 del cuarteo con jones de tomo una muestra representativa la cual se deslamo con la malla # 400 terminado el proceso se envía a secado 105° C seguidamente una vez seco se coloca en el juego de tamices determinados (malla 14, malla 16, malla 25, malla 45, malla 70, malla 100, malla 140, malla 200, malla 270, malla 325, malla 400) teniendo la muestras con su peso y fraccionada se pulverizada 25 segundos a 95 % malla #-140 y se envía a análisis químico por los siguientes elementos Ag, Zn, Pb, Cu, Fe, Mn, Bi.

Teniendo el resultado se realizó un análisis granulométrico.

**Tabla 3** Análisis de Mineral Cabeza Mediante Mallas Valoradas.

<b>Malla</b>	<b>µm</b>	<b>%peso</b>	<b>Ac(+)</b>	<b>Ac(-)</b>	<b>AgO/t</b>	<b>Cu%</b>	<b>Pb%</b>	<b>Zn%</b>	<b>Fe%</b>	<b>Bi%</b>	<b>Mn%</b>
<b>10</b>	<b>2000</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>14</b>	<b>1414</b>	<b>8.28</b>	<b>8.28</b>	<b>91.72</b>	<b>0.96</b>	<b>0.17</b>	<b>0.76</b>	<b>1.95</b>	<b>11.45</b>	<b>0.00</b>	<b>0.34</b>
<b>16</b>	<b>1180</b>	<b>8.05</b>	<b>16.33</b>	<b>83.67</b>	<b>1.27</b>	<b>0.19</b>	<b>0.78</b>	<b>2.52</b>	<b>11.07</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>
<b>25</b>	<b>707</b>	<b>13.58</b>	<b>29.91</b>	<b>70.09</b>	<b>1.34</b>	<b>0.19</b>	<b>0.80</b>	<b>2.54</b>	<b>10.77</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>
<b>45</b>	<b>354</b>	<b>15.28</b>	<b>45.19</b>	<b>54.81</b>	<b>1.26</b>	<b>0.19</b>	<b>0.84</b>	<b>2.96</b>	<b>9.31</b>	<b>0.01</b>	<b>0.30</b>
<b>70</b>	<b>210</b>	<b>9.30</b>	<b>54.49</b>	<b>45.51</b>	<b>1.31</b>	<b>0.19</b>	<b>0.98</b>	<b>3.20</b>	<b>10.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0.28</b>
<b>100</b>	<b>140</b>	<b>5.60</b>	<b>60.09</b>	<b>39.91</b>	<b>1.66</b>	<b>0.21</b>	<b>0.96</b>	<b>3.66</b>	<b>9.72</b>	<b>0.02</b>	<b>0.29</b>
<b>140</b>	<b>105</b>	<b>5.93</b>	<b>66.02</b>	<b>33.98</b>	<b>1.72</b>	<b>0.19</b>	<b>1.35</b>	<b>3.88</b>	<b>10.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.26</b>
<b>200</b>	<b>74</b>	<b>4.29</b>	<b>70.31</b>	<b>29.69</b>	<b>1.95</b>	<b>0.21</b>	<b>1.42</b>	<b>3.92</b>	<b>10.33</b>	<b>0.02</b>	<b>0.27</b>
<b>270</b>	<b>53</b>	<b>4.23</b>	<b>74.54</b>	<b>25.46</b>	<b>2.10</b>	<b>0.24</b>	<b>1.56</b>	<b>4.68</b>	<b>9.98</b>	<b>0.02</b>	<b>0.26</b>
<b>325</b>	<b>44</b>	<b>2.02</b>	<b>76.56</b>	<b>23.45</b>	<b>2.10</b>	<b>0.26</b>	<b>1.64</b>	<b>4.86</b>	<b>11.77</b>	<b>0.02</b>	<b>0.29</b>
<b>400</b>	<b>37</b>	<b>1.31</b>	<b>77.87</b>	<b>22.14</b>	<b>2.97</b>	<b>0.27</b>	<b>2.20</b>	<b>4.62</b>	<b>10.44</b>	<b>0.02</b>	<b>0.29</b>
<b>-400</b>	<b>-37</b>	<b>22.14</b>	<b>100</b>	<b>0.00</b>	<b>2.37</b>	<b>0.23</b>	<b>2.50</b>	<b>4.22</b>	<b>9.75</b>	<b>0.03</b>	<b>0.35</b>
<b>total</b>		<b>100.0</b>			<b>1.65</b>	<b>0.20</b>	<b>1.33</b>	<b>3.35</b>	<b>10.25</b>	<b>0.02</b>	<b>0.31</b>
	<b>Cabeza Ensayada</b>				<b>1.65</b>	<b>0.20</b>	<b>1.33</b>	<b>3.35</b>	<b>10.26</b>	<b>0.01</b>	<b>0.32</b>

Nota: Fuente Elaboración del análisis granulométrico malla valoradas



*Figura 14 Distribución Metálica vs Tamaño de Partículas*

Nota: Fuente Datos de distribución metálica vs tamaño de partículas según el análisis valorado.

- En la figura 14 se observa una relación directa de la distribución metálica en cada fracción de tamaño, donde los elementos valiosos Pb, Zn Ag, Cu se encuentran por debajo de la malla # 400 con mayor proporción.

### 3.8.3. Pruebas de Moliendabilidad.

Las pruebas de moliendabilidad se realizaron en el laboratorio metalúrgico del porvenir donde contamos con un molino de bolas de 7 x 7 pulgadas nivel laboratorio para determinar diferentes pruebas, una de ellas fue determinar el tiempo de molienda para las pruebas experimentales se efectuó en cuatros tiempos por separado (4, 6,8 y 10 minutos) a 66.6 % de sólidos, la molienda se trabajó con 1 kg de mineral y 500 ml de agua de proceso en cada tiempo de molienda.



**Figura 15** Molino de Bolas Laboratorio Metalúrgico.

Nota: Fuente fotografía tomada en área de pruebas metalúrgicas del Laboratorio Metalúrgico en la unidad el porvenir donde se cuenta con el molino de bolas nivel laboratorio.

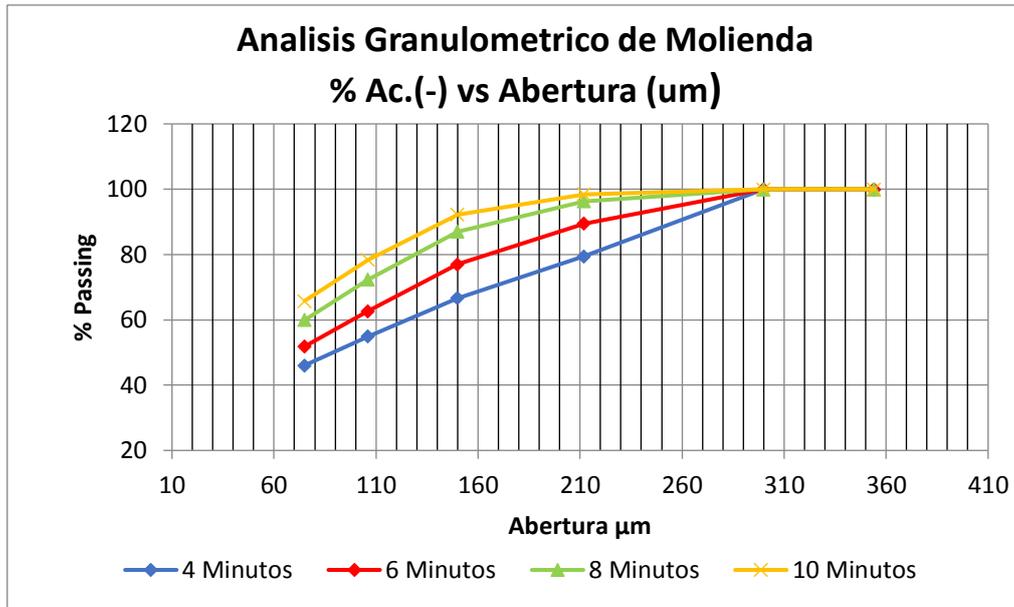
Los resultados obtenidos fueron analizados granulométricamente P80 para la elaboración de la curva de moliendabilidad y el porcentaje acumulado de malla #200 mediante un rotap con un juego de mallas astm.



**Figura 16** Equipo Rotap de Laboratorio metalúrgico.

Nota: Fuente fotografía tomada en área de preparación de muestras del Laboratorio Metalúrgico en la unidad el porvenir donde se cuenta con el ratap tipo martillo en dos grupos se rotapea.

En la siguiente grafica se muestra la curva de acumulado vs tamaño a partir de los resultados en la pruebas de moliendabilidad a diferentes tiempos.



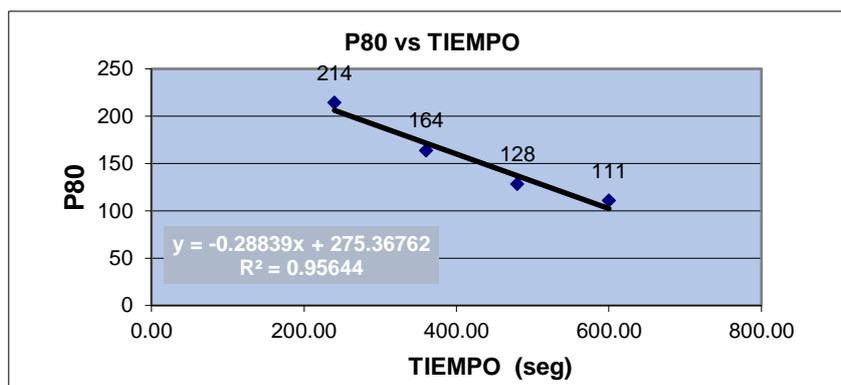
**Figura 17** Curva de Acumulado vs Tamaño de Partícula.

Nota: Fuente Elaboración del acumulado para identificar el tiempo adecuado para las pruebas experimentales siguientes.

**Tabla 4** Tiempo en Función al Porcentaje malla #-200 y Porcentaje pasante.

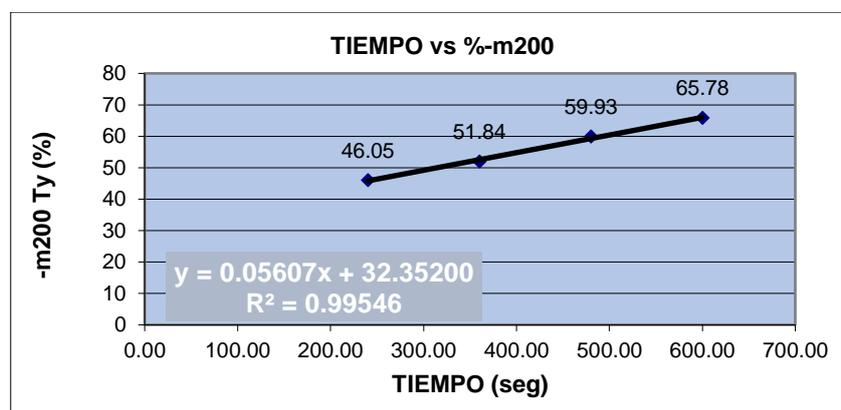
<b>TIEMPO EN FUNCIÓN % MALLA #-200</b>		
<b>% MALLA 200</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>P80</b>
48	4.39	195
49	4.57	190
50	5.15	185
51	5.33	179
<b>52</b>	<b>5.50</b>	<b>174</b>
53	6.08	169
54	6.26	164

Nota: se identificó el tiempo adecuado será de 5.50 minutos



**Figura 18** Porcentaje pasante al 80 % vs Tiempo en segundos.

Nota: Fuente Elaboración propia mediante resultados de moliendabilidad



**Figura 19** Tiempo de molienda vs Porcentaje Malla #-200

Nota: Fuente Elaboración propia mediante resultados de moliendabilidad

### 3.9. PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Las pruebas experimentales de flotación se realizaron en el laboratorio metalúrgico del porvenir cumpliendo la metodología de investigación con una celda de flotación Denver con una serie de condiciones a cumplir.

La muestras composito según su caracterización química son factibles la separación de elementos valiosos plomo, zinc y cobre con objetivo principal de sustituir

al depresor sulfato de zinc por el reactivo orgánico biodegradable siendo efectivo en la depresión de sulfuros se desarrolla el procedimiento a continuación.

En la celda Denver de flotación de 2500 ml se encuentra la pulpa del mineral molido se agrega agua industrial para mantener el mismo parámetro industrial se sienta la celda en la base de la máquina y se baja el mecanismo de agitación para luego activar el mecanismo con 1500 rpm de agitación.

Medir el pH natural de la pulpa se retira el pH-metro se acondiciona agregando 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.

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 de manera de alcanzar un nivel que permita la correcta descarga de espumas hacia la bandejas.

Se debe preparar varias bandejas de recepción de pulpa. Los tiempos a considerar son en la etapa de rougher y scavenger es de 3 minutos y para la primera limpieza es de 2 minutos y la segunda limpieza de 1 minuto.

Durante el transcurso de la flotación, la remoción de concentrado debe ser apoyada por un paleteo (20 paletadas por minuto).

Terminado el tiempo de flotación, se detiene el flujo de aire y luego la agitación. Finalmente, se limpia adecuadamente el labio de la celda y procede con el filtrado.

Secar los productos filtrados en una estufa a una temperatura de 105° C. Luego del secado pesar cada producto de la prueba de flotación y pulverizar para enviar a análisis químico y se complementara con el balance metalúrgico. Las pruebas que son cinéticas, ciclo cerrado, rougher y scavenger se separa en fracciones los concentrados

para el reporte. Para ello es necesario disponer de bandejas de recepción de concentrados debidamente rotuladas.



*Figura 20 Celda de Flotación Denver Laboratorio Metalúrgico*

Nota: Fuente fotografía tomada en área de pruebas metalúrgicas del Laboratorio Metalúrgico e donde se cuenta con una Celda de Flotación marca Denver.

### **3.9.1. Pruebas Experimental Flotación Rougher y Scavenger.**

Estas pruebas se desarrollaran cumpliendo el programa de pruebas experimentales, se realizó la prueba rougher e scavenger en circuito bulk y zinc con el depresor a remplazar sulfato de zinc por depresor orgánico biodegradable con el objetivo de predeterminar el comportamiento depresante en la pruebas iniciales que se realizó y ver la performance metalúrgica en la recuperación bulk y zinc reduciendo el desplazamiento de plomo al zinc también se buscó controlar la activación de zinc en entorno al pH 10.5.

## PRUEBA EXPERIMENTAL DE FLOTACION ROUGHER Y SCAVENGER BULK-ZINC

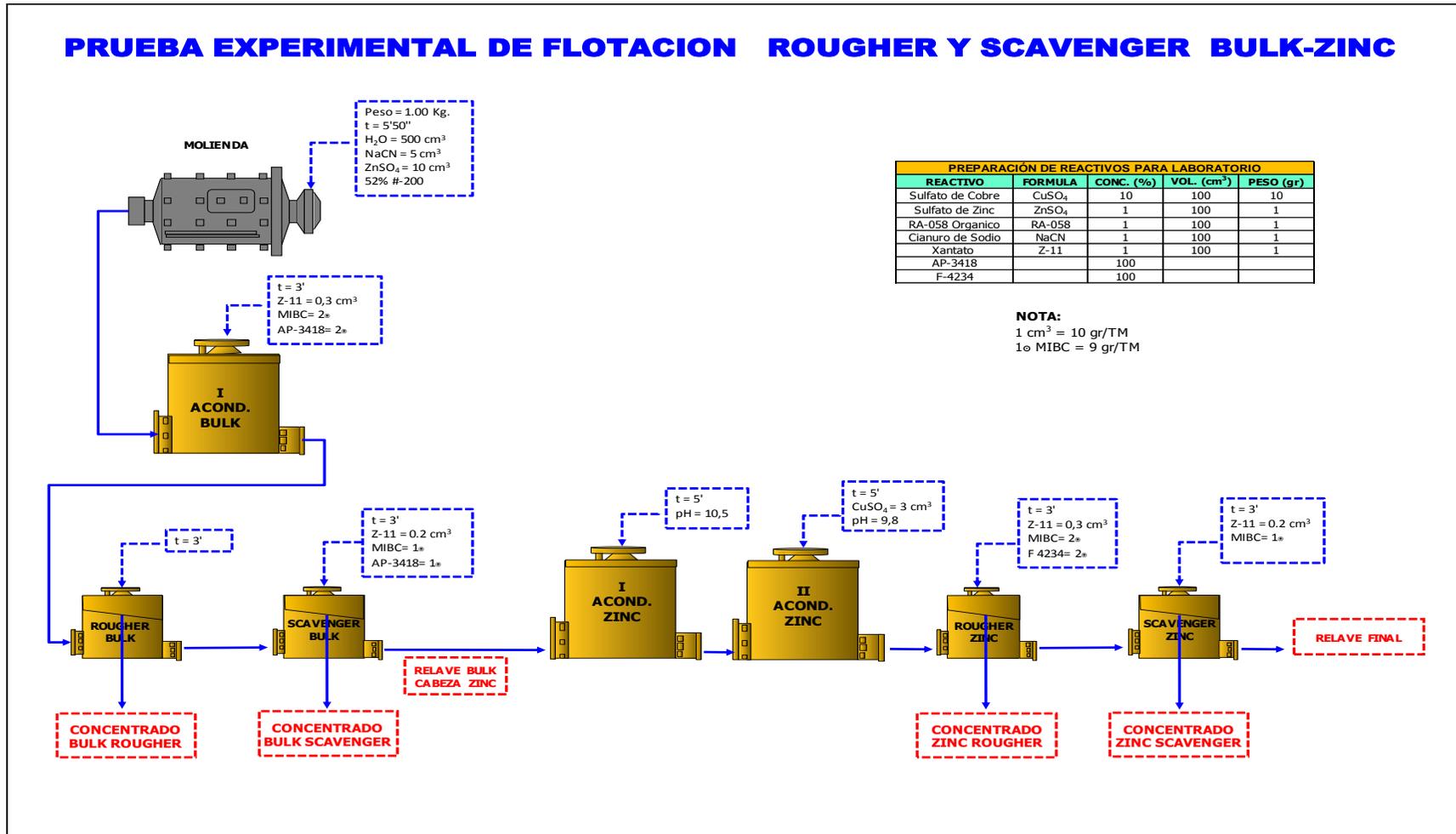


Figura 21 Diagrama de Flotación de Rougher y Scavenger Circuito Bulk y Zinc.

Nota: Fuente elaboración propia con la experiencia en pruebas el criterio fue personal para armar el diagrama en ambos circuitos bulk y zinc teniendo como base el diagrama de planta concentradora Unidad El Porvenir actualizado 2020.

- Como prueba inicial se realizó 2 pruebas de flotación rougher y scavenger con el fin de evaluar las condiciones iniciales, estas evaluaciones son rápidas con el reactivo a evaluar posteriormente ya con el reactivo seleccionado se puede ir a pruebas metalúrgicas más detalladas donde se incluyan etapas de limpieza, pruebas cerradas o cinética de flotación. Siendo presentadas con el nuevo depresor orgánico biodegradable manteniendo el mismo esquema solo cambiando la dosificación de sulfato de zinc en la flotación bulk con fin de obtener recuperaciones aceptables de plomo y zinc.

**Tabla 5** Dosificación de Reactivos en la Flotación Rougher y Scavenger.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Acond. Rougher Bulk I</i>	5.00	-	100	<b>100</b>	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Bulk II</i>	3.00	-	-	-	-	5	20	-	20
<i>Flot. Rougher Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scv Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	2	10	-	10
<i>Flot Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher I Zinc</i>	5.00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond Rougher II Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	20	20
<i>Flot. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scv Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	2	-	10	10
<i>Flot Scavenger Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	34	300	100	<b>100</b>	0	12	30	30	60

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental rougher y scavenger cumpliendo con el diagrama de la figura 21 usando el depresor sulfato de zinc

- Se inició con una dosificación de 100 g/t de sulfato de zinc en la etapa molienda a un tiempo de 5,50 minutos siendo el estándar todavía como depresor.

**Tabla 6 Prueba Experimental N<sup>a</sup> 1 Rougher y Scavenger en los Circuitos Bulk y Zinc**

Productos	Peso		ley					Recuperación				
	%	Oz/TM	%					%				
			Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
<i>Conc. Rougher Bulk</i>	7.97	9.20	0.88	<b>10.1</b>	2.11	5.9	63.86	40.08	60.66	5.07	4.65	
<i>Conc. Scavenger Bulk</i>	5.21	2.33	0.37	7.33	1.17	4.32	10.57	11.02	28.76	1.84	2.23	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	13.19	6.48	0.68	9.01	1.74	5.28	74.43	51.10	<b>89.42</b>	6.91	6.87	
<i>Conc. Rougher Zinc</i>	13.19	0.89	0.28	0.27	<b>16.3</b>	6.66	10.22	21.09	2.68	64.91	8.68	
<i>Conc. Scavenger Zinc</i>	8.46	0.39	0.19	0.24	9.35	5.36	2.87	9.19	1.53	26.87	13.16	
<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	21.65	0.69	0.24	0.26	13.6	6.15	13.09	30.28	4.21	<b>91.79</b>	13.16	
<i>Relave</i>	65.16	0.22	0.05	0.13	0.22	12.4	12.48	18.61	6.38	4.32	79.97	
<i>Cabeza Calculada</i>	100	<b>1.15</b>	<b>0.18</b>	<b>1.33</b>	<b>3.32</b>	<b>10.1</b>	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		<b>1.65</b>	<b>0.18</b>	<b>1.33</b>	<b>3.32</b>	<b>10.2</b>						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N<sup>o</sup> 1 rougher y scavenger circuito bulk y zinc usando el depresor sulfato de zinc.

**Tabla 7 Dosificación de reactivos en la Flotación Rougher y Scavenger.**

ETAPA	min	CuSO4	NaCN	ZnSO4	RA-058	Z.11	AP3418	F-4234	MIBC
<i>Acond. Rougher Bulk I</i>	5.00	-	100	-	<b>50</b>	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Bulk II</i>	3.00	-	-	-	-	5	20	-	20
<i>Flot. Rougher Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scv Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	2	10	-	10
<i>Flot Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher I Zinc</i>	5.00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond Rougher II Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	20	20
<i>Flot. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scv Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	2	-	10	10
<i>Flot Scavenger Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	34	300	100	0	<b>50</b>	12	30	30	60

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental rougher y scavenger cumpliendo con el diagrama de la figura 21 usando el depresor orgánico biodegradable.

- La dosificación de reactivos en esta prueba experimental se mantiene las mismas condiciones solo se cambió la dosificación de depresor por el orgánico biodegradable solo fue de 50 g/t en la etapa molienda a un tiempo de 5.50 minutos sustituyendo como depresor al sulfato de zinc.

**Tabla 8 Prueba Experimental N<sup>o</sup> 2 Rougher y Scavenger en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Rougher Bulk</i>	5.80	10.72	0.93	14.2	1.31	6.9	54.40	30.45	61.28	2.36	3.98	
<i>Conc. Scavenger Bulk</i>	3.96	6.33	0.52	9.88	1.06	6.32	21.94	11.63	29.12	1.26	2.49	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	9.76	8.94	0.76	12.4	1.23	6.66	76.39	42.07	90.40	3.62	6.47	
<i>Conc. Rougher Zinc</i>	13.32	0.86	0.33	0.20	17.2	7.66	10.03	24.82	1.98	69.09	10.15	
<i>Conc. Scavenger Zinc</i>	7.93	0.31	0.13	0.16	9.33	6.36	2.15	5.82	0.94	24.40	5.02	
<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	21.25	0.65	0.26	0.19	14.2	7.17	12.18	30.65	2.93	93.49	15.16	
<i>Relave</i>	68.99	0.19	0.07	0.13	0.24	11.4	11.48	27.28	6.68	4.99	78.37	
<i>Cabeza Calculada</i>	100	1.14	0.18	1.34	3.32	10.0	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		1.65	0.20	1.33	3.32	10.2						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N<sup>o</sup> 2 rougher y scavenger circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

- Cumpliéndose con las condiciones y variables mostradas la tabla 5 y tabla 7 realizando las pruebas experimentales rougher y scavenger en la tabla 6 y tabla 8 con la evaluación del depresor a evaluar con pH natural de 10.5 donde se puede observar que se tiene recuperaciones de plomo de 89 % con el depresor sulfato de zinc y 90.40 % plomo con el depresor orgánico biodegradable esto fue un indicio de resultados aceptables donde se puede mejorar performance y seguir con las demás pruebas del programa experimental.

- A partir de estos resultados preliminares, cuyos resultados indican que si es posible reemplazar al sulfato de zinc con reactivo orgánico biodegradable incrementado la recuperación de 89.42 % a 90.40 % de plomo con un concentrado de 10.11 % incrementado a 14.20 % de plomo en la flotación zinc los resultado son 91.79 % incremento la recuperación a 93.49 % de Zinc con un concentrado de 16.33 % a 17.22 % logrando mayor selectividad en la flotación, obteniendo un concentrado rougher y scavenger de mayor calidad.

### **3.9.2. Pruebas Experimental de Flotación Estándar.**

La prueba estándar es considerada de gran importancia en las pruebas experimentales, siendo su principal objetivo evaluar el reactivo a reemplazar los resultados determinaran la performance metalúrgica.

La prueba estándar es un parámetro ya establecido que sirve para comparar resultados definidos a nivel laboratorio es la que representa las condiciones de operación de la planta concentradora el porvenir que está operando en condiciones normales esta prueba se trabajó en condiciones similares a la planta lo cual nos ayudara a comparar el rendimiento metalúrgico en calidades y recuperaciones.

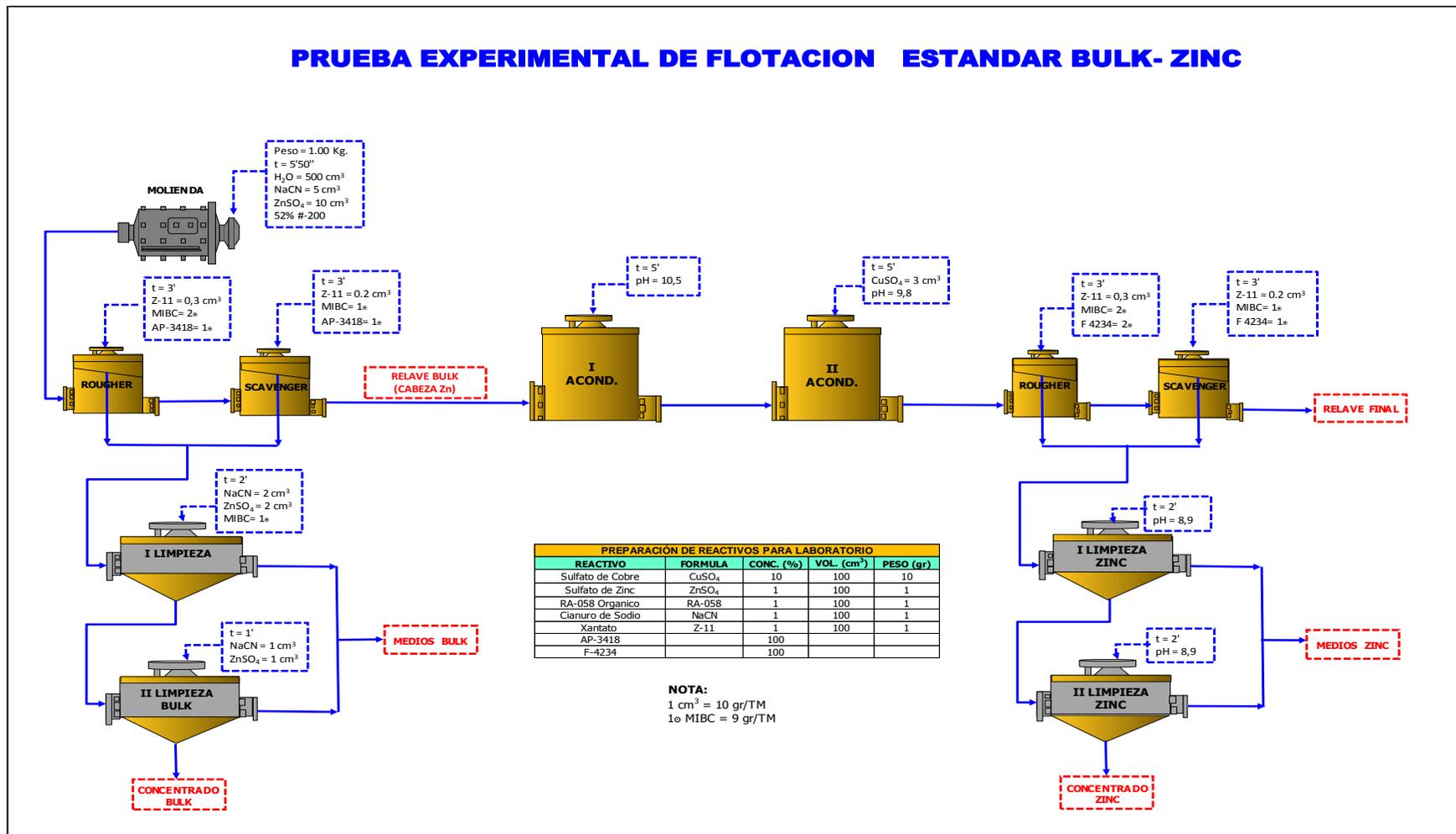


Figura 22 Diagrama de Flotación Estándar Circuito Bulk y Zinc.

Nota: Fuente elaboración propia con la experiencia en pruebas el criterio fue personal para armar el diagrama en ambos circuitos bulk y zinc teniendo como base el diagrama de planta concentradora Unidad El Porvenir actualizado 2020.

- Se realizó la pruebas Estándar N° 3 y N° 4 con el sulfato de zinc como depresor estándar y pruebas de flotación N° 5 y N° 6 con el reactivo orgánico biodegradable propuesto en condiciones exactamente iguales a la prueba estándar es decir dosificación granulometría, tiempo de acondicionamiento y flotación, nivel de pulpa, rpm, paleteo se eliminara en lo posible el error experimental que podría originar confusiones en el programa de pruebas experimental.

**Tabla 9** Dosificación de Reactivos de en la Flotación Estándar.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Molienda</i>	5.50	-	50	<b>100</b>	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Bulk I</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Flot. Rougher Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Acond. Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	2	20	-	-
<i>Flot. Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner I Bulk</i>	2.00	-	-	<b>20</b>	-	-	10	-	-
<i>Cleaner II Bulk</i>	1.00	-	-	<b>10</b>	-	-	-	-	-
<i>Acond. I Zinc</i>	5.00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond II Zinc</i>	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	20	-
<i>Flot. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scavenger Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	2	-	10	-
<i>Flot Scavenger Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cleaner I Zinc</i>	2.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner II Zinc</i>	1.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Total</i>	45.50	300	50	<b>130</b>	0	10	30	30	40

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental flotación estándar cumpliendo con el diagrama de la figura 22 usando el depresor sulfato de zinc.

- La dosificación en la prueba estándar solo se cambia el depresor a evaluar en la pruebas N° 3 y N° 4 se dosifico 130 g/t de sulfato de zinc y la pruebas N° 5 y N° 6 solo se usó 65 g/t del reactivo orgánico reduciendo el consumo.

**Tabla 10 Prueba experimental N° 3 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1.56	46.8	0.57	49.8	6.77	4.52	43.66	4.98	57.97	3.16	0.69	
<i>Medios Bulk</i>	8.13	4.56	0.30	3.78	3.20	7.35	22.20	11.67	22.92	7.81	5.83	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	9.68	11.35	0.34	11.2	3.77	6.89	65.86	18.65	80.88	10.97	6.52	
<i>Conc. Zinc</i>	5.31	2.89	0.62	2.01	49.1	10.8	9.20	18.46	7.96	78.29	5.61	
<i>Medios Zinc</i>	8.05	1.54	0.82	0.71	3.49	11.5	7.42	37.00	04.26	9.72	9.06	
<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	13.36	2.08	0.74	1.23	21.6	11.2	16.62	55.46	12.23	88.01	14.67	
<i>Relave</i>	76.96	0.38	0.06	0.12	0.10	10.4	17.52	25.89	6.89	2.31	78.81	
<i>Cabeza Calculada</i>	100	1.67	0.18	1.34	3.33	10.2	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		1.65	0.20	1.33	3.35	10.2						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 3 Flotación estándar circuito bulk y zinc usando el depresor Sulfato de zinc.

**Tabla 11 Prueba experimental N° 4 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1,61	42,67	0,87	48,4	5,77	5,07	44,4	8,72	58,58	2,77	0,80	
<i>Medios Bulk</i>	8,11	4,99	0,36	3,63	3,23	7,15	26,1	18,13	22,06	7,78	5,64	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	9,73	11,24	0,44	11,0	3,65	6,80	70,5	26,85	80,64	10,55	6,43	
<i>Conc. Zinc</i>	5,41	2,01	0,91	2,23	49,1	11,2	7,01	30,57	8,92	78,98	5,90	
<i>Medios Zinc</i>	8,18	0,6	0,37	0,58	3,28	16,1	3,17	18,79	3,55	9,17	12,82	

<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	13,59	1,16	0,58	1,22	21,5	14,1	10,1	49,36	12,47	<b>88,14</b>	18,72
<i>Relave</i>	76,68	0,39	0,05	0,12	0,11	10,0	19,2	23,80	6,89	2,50	74,84
<i>Cabeza Calculada</i>	100,0	<b>1,55</b>	<b>0,16</b>	<b>1,34</b>	<b>3,37</b>	<b>10,2</b>	100	100	100	100	100
<i>Cabeza Ensayada</i>		<b>1,65</b>	<b>0,20</b>	<b>1,33</b>	<b>3,35</b>	<b>10,2</b>					

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 4 Flotación estándar circuito bulk y zinc usando el depresor Sulfato de zinc.

- El desempeño del depresor sulfato de zinc en la pruebas estándar N° 3 y N° 4 muestran un promedio de 49 % el grado de plomo con una recuperación de 81 % en promedio de plomo con una activación de zinc en 6 % y fierro en 5 %.
- El grado de zinc promedio en las pruebas estándar N° 3 y N° 4 es de 49 % con una recuperación de 88 % promedio la activación de plomo es 2 % con el nuevo depresor orgánico en la pruebas iniciales tuvo un buen desempeño en su acción depresora.

**Tabla 12** Dosificación de Reactivos de en la Flotación Estándar.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Molienda</i>	5.50	-	50	-	<b>50</b>	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Bulk I</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Flot. Rougher Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Acond. Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	2	20	-	-
<i>Flot. Scavenger Bulk</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner I Bulk</i>	2.00	-	-	-	<b>10</b>	-	10	-	-
<i>Cleaner II Bulk</i>	1.00	-	-	-	<b>5</b>	-	-	-	-
<i>Acond. I Zinc</i>	5.00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	3	-	20	-
<i>Flot. Rougher Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot Scavenger Zinc</i>	3.00	-	-	-	-	2	-	10	-
<i>Cleaner I Zinc</i>	2.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner II Zinc</i>	1.00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Total</i>	45.50	300	50	-	<b>65</b>	10	30	30	40

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental flotación estándar cumpliendo con el diagrama de la figura 22 usando el depresor organico biodegradable.

- Para la siguientes pruebas estándar N° 5 y N° 6 se siguió cumpliendo el mismo esquema de la figura 22 solo se dosifico el depresor orgánico biodegradable a 65 g/t propuesto como alternativa se mantuvo el pH natural se utilizó agua de proceso.

**Tabla 13 Prueba experimental N° 5 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1,57	54,53	1,94	<b>51,8</b>	2,21	5,56	57,69	13,16	60,54	1,07	0,85	
<i>Medios Bulk</i>	3,84	2,42	0,41	9,36	3,07	7,04	6,27	6,81	26,74	3,65	2,63	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	5,41	17,53	0,85	21,6	2,82	6,61	63,96	19,96	<b>87,29</b>	4,73	3,48	
<i>Conc. Zinc</i>	5,00	4,86	1,8	1,09	<b>51,3</b>	11,6	16,38	38,89	4,05	79,44	5,66	
<i>Medios Zinc</i>	18,67	0,84	0,32	0,32	2,17	13,8	10,57	25,82	4,44	13,63	25,24	
<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	23,67	1,69	0,63	0,48	12,5	13,4	26,95	64,71	8,49	<b>93,07</b>	30,90	
<i>Relave</i>	70,92	0,19	0,05	0,08	0,15	9,5	9,09	15,33	4,22	3,29	65,62	
<i>Cabeza Calculada</i>	100,00	1,48	0,23	1,34	3,23	10,2	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		1,65	0,20	1,33	3,35	10,2						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 5 Flotación estándar circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

- Los balances metalúrgicos de la pruebas estándar N° 5 y N° 6 muestras que el depresor orgánico biodegradable propuesto mejoro el grado de plomo a 51 % con una recuperación de 85 % en promedio de plomo con una activación de zinc en 2.5 % reduciendo la activación en comparación al pruebas estándar N° 3 y N° 4 que se usó el sulfato de zinc.

**Tabla 14 Prueba experimental N° 6 Flotación Estándar en los Circuitos Bulk y Zinc.**

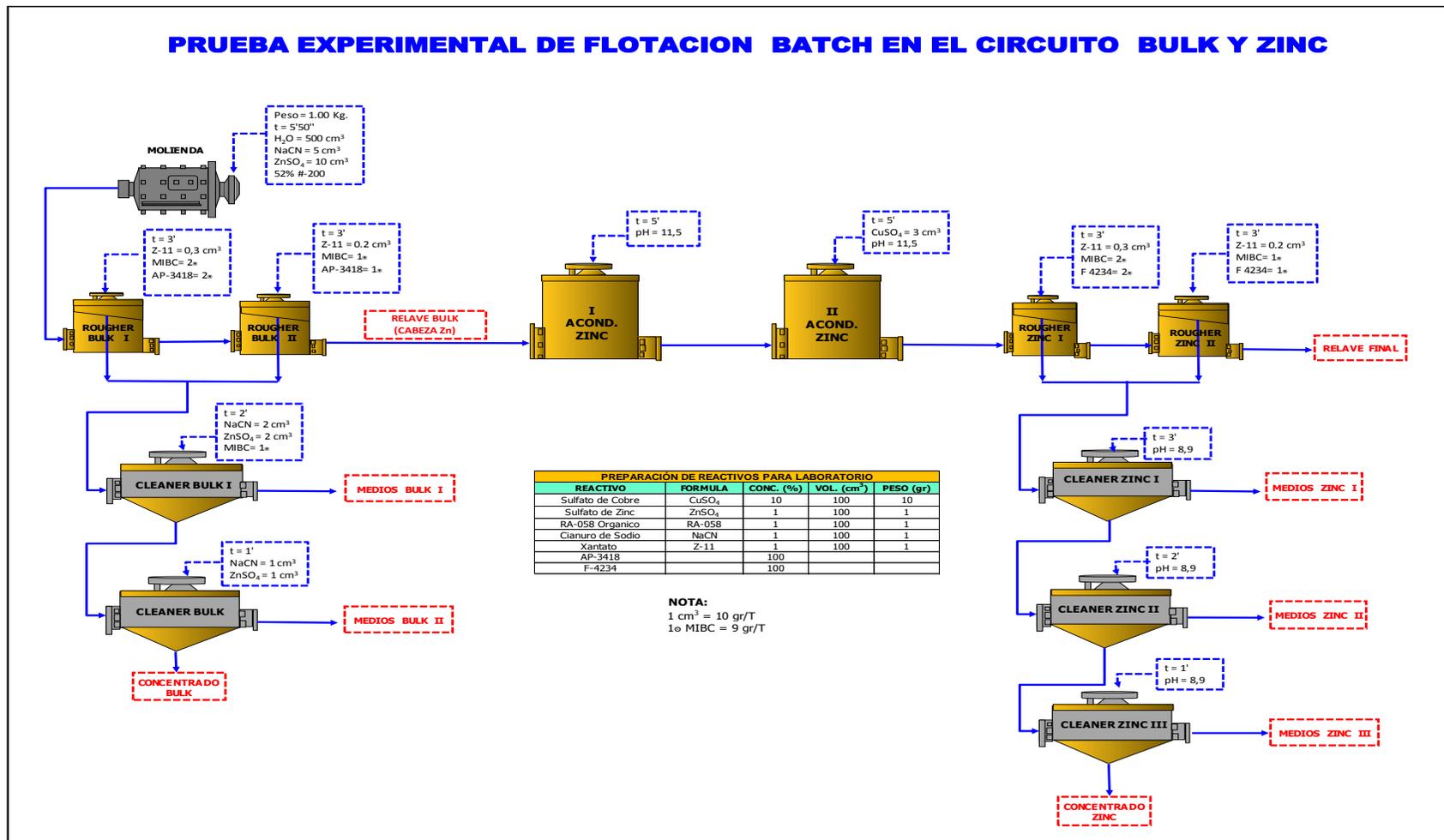
<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1,32	63,48	1,3	50,2	2,79	4,87	62,33	7,61	49,66	1,10	0,63	
<i>Medios Bulk</i>	8,62	1,06	0,42	5,2	1,28	6,96	6,82	16,10	33,69	3,29	5,87	
<i>Conc. Ro/Scv Bulk</i>	9,94	9,33	0,54	11,1	1,48	6,68	69,15	23,71	83,35	4,39	6,50	
<i>Conc. Zinc</i>	4,64	2,17	1,49	0,82	51,1	6,61	7,51	30,76	2,86	70,86	3,00	
<i>Medios Zinc</i>	10,65	0,41	0,54	1,02	7,02	14,3	3,26	25,58	8,16	23,94	14,90	
<i>Conc. Ro/Scv Zinc</i>	15,29	0,94	0,83	0,96	20,4	11,9	10,77	56,34	11,03	94,80	17,90	
<i>Relave</i>	74,77	0,36	0,06	0,1	0,11	10,3	20,08	19,95	5,62	2,45	75,61	
<i>Cabeza Calculada</i>	100,00	1,34	0,22	1,33	3,35	10,2	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		1,65	0,20	1,33	3,35	10,2						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 6 Flotación estándar circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

- En la flotación zinc el promedio de grado de zinc en las pruebas estándar N°5 y N°6 es de 51,25 % con una recuperación de 93% promedio la activación de plomo es 1 % siendo estos resultados muy aceptables cumpliendo con objetivo propuesto de mejorar la calidad y la recuperación.

### 3.9.3. Pruebas Experimental Flotación Tipo Batch.

Las pruebas de flotación a escala batch se efectuaron en el laboratorio el porvenir cumpliendo con la optimización del programa y remplazando al depresor sulfato de zinc se realizó la pruebas experimentales de flotación batch con un enfoque en incrementar las recuperaciones y grados de los concentrados de plomo y zinc así como los subproductos mejorando en lo posible el proceso de flotación batch con el uso del reactivo orgánico biodegradable.



*Figura 23 Diagrama de Flotación Batch Circuito Bulk y Zinc.*

Nota: Fuente elaboración propia con la experiencia en pruebas el criterio fue personal para armar el diagrama en ambos circuitos bulk y zinc teniendo como base el diagrama de planta concentradora Unidad El Porvenir actualizado 2020.

**Tabla 15** Dosificación de Reactivos de en la Flotación Batch.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Molienda</i>	<i>5,50</i>	-	<i>50</i>	<i>100</i>	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Bulk</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>3</i>	-	-	-
<i>Flot. Rougher- Bulk</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	<i>10</i>
<i>Acond. Scavenger- Bulk</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>2</i>	<i>20</i>	-	-
<i>Flot. Scavenger- Bulk</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	<i>10</i>
<i>Cleaner I Bulk</i>	<i>2,00</i>	-	<i>20</i>	<i>20</i>	-	-	<i>10</i>	-	-
<i>Cleaner II Bulk</i>	<i>1,00</i>	-	<i>10</i>	<i>10</i>	-	-	-	-	-
<i>Acond. I Zinc</i>	<i>5,00</i>	<i>300</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. II Zinc</i>	<i>5,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Zinc</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>3</i>	-	<i>20</i>	-
<i>Flot. Rougher- Zinc</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scavenger- Zinc</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>2</i>	-	<i>10</i>	-
<i>Flot. Scavenger- Zinc</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cleaner I Zinc</i>	<i>2,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	<i>10</i>
<i>Cleaner 2 Zinc</i>	<i>1,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	<i>10</i>
<i>Total</i>	<i>47.50</i>	<i>300</i>	<i>80</i>	<i>130</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>40</i>

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental flotación estándar cumpliendo con el diagrama de la figura 22 usando el depresor sulfato de zinc.

- La configuración de reactivos en la flotación batch se mantiene cumpliendo el diagrama de la figura N° 23 en la dosificación.

Tabla 16 Prueba experimental N° 7 Flotación Batch en los Circuitos Bulk y Zinc.

Productos	Peso		ley					Recuperación				
	%	Oz/TM	%					%				
		Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	
<b>Conc Bulk</b>	1,63	60,53	1,52	<b>49,3</b>	3,91	5,55	60,53	11,13	60,94	1,90	0,89	
<b>Medios Bulk I</b>	1,74	4,53	1,22	2,21	2,9	7,74	4,84	9,53	2,91	1,51	1,32	
<b>Medios Bulk II</b>	2,00	3,41	1,15	11,1	2,93	8,6	4,18	10,33	16,86	1,75	1,68	
<b>Conc. Ro + Scv Bulk.</b>	5,38	21,11	1,28	19,8	3,22	7,40	69,55	30,99	<b>80,71</b>	5,16	3,89	
<b>Conc. Zinc</b>	4,12	1,79	0,72	0,42	<b>49,1</b>	10,1	4,52	13,32	1,31	60,50	4,08	
<b>Medios Zinc I</b>	4,99	1,39	0,76	1,2	7,24	13,4	4,25	17,00	4,53	10,77	6,57	
<b>Medios Zinc II</b>	2,62	1,02	0,74	1,18	9,41	9,43	1,64	8,71	2,34	7,37	2,42	
<b>Medios Zinc III</b>	2,51	0,86	0,74	0,4	14,8	13,4	1,32	8,34	0,76	11,16	3,31	
<b>Conc. Ro + Scv Zinc.</b>	14,25	1,34	0,74	0,83	21,1	11,7	11,7	47,37	8,95	<b>89,80</b>	16,38	
<b>Relave</b>	80,38	0,38	0,06	0,17	0,21	10,1	18,7	21,63	10,34	5,04	79,74	
<b>Cabeza Calculada</b>	100,00	<b>1,63</b>	<b>0,22</b>	<b>1,32</b>	<b>3,35</b>	<b>10,2</b>	100	100	100	100	100	
<b>Cabeza Ensayada</b>		<b>1,65</b>	<b>0,20</b>	<b>1,33</b>	<b>3,35</b>	<b>10,2</b>						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 7 Flotación Batch circuito bulk y zinc usando el depresor Sulfato de zinc.

- Se realizó la prueba de flotación batch N° 7 considerando los parámetros y condiciones establecidos los resultados en el grado de calidad de plomo es de 49,32 % y de zinc es 49,15 % con una recuperación de 80,71 % de plomo y de zinc de 89.80 % con una activación de zinc 3.91 % y fierro de 5.55 % en circuito bulk el desplazamiento de plomo es de 0.42 % al circuito zinc es considerable por presencia de partículas mixtas.
- Se optimizo el proceso de flotación bulk para tener mayor recuperación de los diferentes elementos valiosos a comparación de la prueba batch N° 8 donde solo se cambiara el depresor sulfato de zinc por el depresor orgánico.

**Tabla 17** Dosificación de Reactivos de en la Flotación Batch.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Molienda</i>	5,50	-	50	-	50	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Flot. Rougher- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Acond. Scavenger- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	2	20	-	-
<i>Flot. Scavenger- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner I Bulk</i>	2,00	-	20	-	20	-	10	-	-
<i>Cleaner II Bulk</i>	1,00	-	10	-	10	-	-	-	-
<i>Acond. I Zinc</i>	5,00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. II Zinc</i>	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	3	-	20	-
<i>Flot. Rougher- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scavenger- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	2	-	10	-
<i>Flot. Scavenger- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cleaner I Zinc</i>	2,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Cleaner 2 Zinc</i>	1,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<b>Total</b>	<b>47.50</b>	<b>300</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental flotación estándar cumpliendo con el diagrama de la figura 22 usando el depresor orgánico biodegradable con un promedio de 80 g/t.

- La dosificación del depresor orgánico biodegradable fue de 80 g/t por su performance depresiva en sulfuros de zinc reduciendo el consumo en esta prueba en 50 g/t menos que el reactivo sulfato de zinc siendo de similar comportamiento se mantuvo el pH natural sin tener alteraciones en circuito bulk con respecto al desplazamiento de zinc o activación de fierro.

Tabla 18 Prueba experimental N° 8 Flotación Batch en los Circuitos Bulk y Zinc.

Productos	Peso		ley					Recuperación				
	%	Oz/TM	%					%				
		Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	
<i>Conc Bulk</i>	0,79	74,23	1,33	<b>53,8</b>	3,87	4,28	38,05	5,52	32,26	0,92	0,33	
<i>Medios Bulk I</i>	2,39	2,39	1,28	5,84	2,72	9,12	3,71	16,07	10,58	1,95	2,12	
<i>Medios Bulk II</i>	2,98	12,11	1,15	18,2	1,56	5,42	23,42	18,00	41,25	1,39	1,57	
<i>Conc. Ro + Scv Bulk.</i>	6,17	16,31	1,22	18,0	2,31	6,71	65,17	39,59	<b>84,09</b>	4,26	4,01	
<i>Conc. Zinc</i>	3,91	2,84	0,55	0,4	<b>50,2</b>	9,1	7,21	11,30	1,19	59,00	3,45	
<i>Medios Zinc I</i>	2,21	2,85	1,03	0,48	6,1	11,2	4,09	11,96	0,80	4,05	2,40	
<i>Medios Zinc II</i>	4,27	1,33	0,42	0,66	15,8	10,8	3,68	9,40	2,13	20,32	4,50	
<i>Medios Zinc III</i>	1,16	0,86	0,3	0,65	22,0	8,99	0,65	1,83	0,57	7,68	1,01	
<i>Conc. Ro + Scv Zinc.</i>	11,55	2,09	0,57	0,54	26,2	10,1	15,62	34,50	4,70	<b>91,05</b>	11,38	
<i>Relave</i>	82,28	0,36	0,06	0,18	0,19	10,6	19,20	25,91	11,22	4,69	84,61	
<i>Cabeza Calculada</i>	100,00	<b>1,54</b>	<b>0,19</b>	<b>1,32</b>	<b>3,34</b>	<b>10,3</b>	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		<b>1,65</b>	<b>0,20</b>	<b>1,33</b>	<b>3,35</b>	<b>10,2</b>						

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 8 Flotación Batch circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

- Se alcanzó una calidad de concentrado propuesto por el depresor orgánico de 53.86 % de plomo con una recuperación de 84 % con activación de zinc de 3.87 % en el concentrado plomo se tuvo muy buena performance en el circuito bulk en esta prueba experimental.
- En el circuito zinc la calidad fue superior respecto a la prueba experimental N° 7 con un 50.29 % con una recuperación de 91.05 % el desplazamiento de plomo fue mínimo de 0.40 % la activación de fierro fue de 9.1 % se trabajara respectivamente para tener valores muy similares obtenido en la planta concentradora, con el objetivo de llegar al equilibrio entre calidad y recuperación reduciendo el consuno de reactivo.

- Los resultados fueron favorables con el reactivo orgánico en comparación del sulfato de zinc, se definió la configuración de reactivos garantizándonos una buena selectividad en esta prueba de flotación batch,

#### **3.9.4. Pruebas Experimental Cinética de Flotación Bulk y Zinc.**

La prueba experimental de cinética de flotación fue realizadas teniendo en cuenta la mejores condiciones obtenidas en las anteriores pruebas experimentales que se manejaron en los circuitos bulk y zinc que permitieron determinar el tiempo óptimo de flotación de espumas que se transportan como concentrado hacia la bandejas de contención.

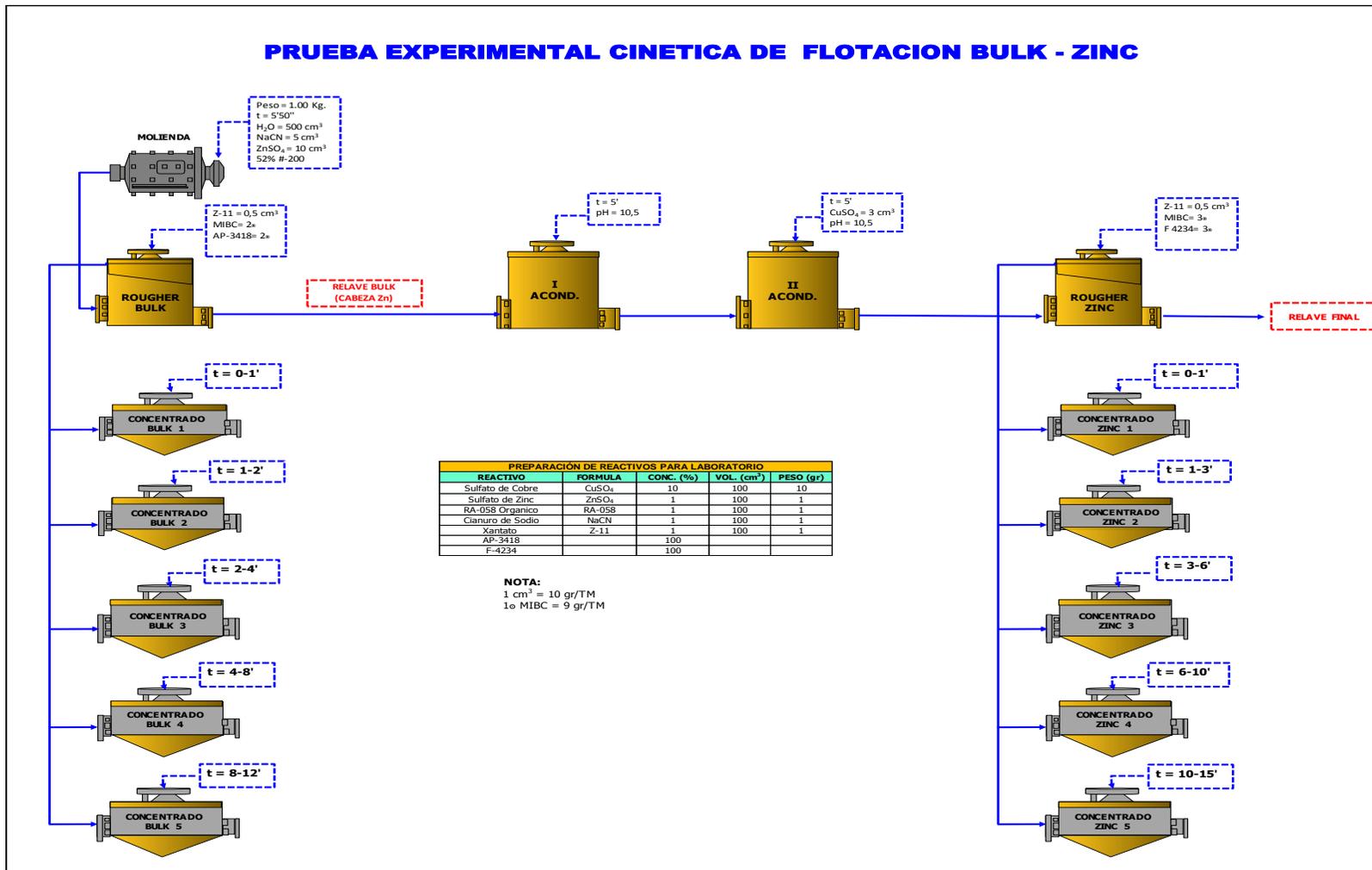
Es importante determinar su velocidad y selectividad, con que flotan las partículas valiosas que nos determinara su recuperación de elementos valiosos que se encuentran en las espumas que se transportan en relación al tiempo.

Paras estas pruebas experimentales se realizó en 5 tiempos diferentes desde (0 - 1 minutos), (1 - 2 minutos), (2 - 4 minutos), (4 - 8 minutos) y (8 - 12 minutos) para el circuito bulk.

Para el circuito zinc fue también de 5 tiempos diferentes desde (0 - 1 minutos), (1 - 3 minutos), (3 - 6 minutos), (6 - 10 minutos) y (10 - 15 minutos).

Estos tiempos se determinaron según el diagrama de planta concentradora donde se cuenta con celdas rápidas de flotación también llamadas celdas flash, FMI 100.

A continuación se muestra el diagrama experimental de cinética de flotación bulk y zinc, seguido de las condiciones y balance metalúrgico de prueba experimental de cinética de flotación.



*Figura 24 Diagrama de Cinética de Flotación Circuito Bulk y Zinc.*

Nota: Fuente elaboración propia con la experiencia en pruebas el criterio fue personal para armar el diagrama en ambos circuitos bulk y zinc teniendo como base el diagrama de planta concentradora Unidad El Porvenir actualizado 2020.

**Tabla 19** Dosificación de Reactivos de en la Cinética de Flotación.

<i>ETAPA</i>	<i>min</i>	<i>CuSO4</i>	<i>NaCN</i>	<i>ZnSO4</i>	<i>RA-058</i>	<i>Z.11</i>	<i>AP3418</i>	<i>F-4234</i>	<i>MIBC</i>
<i>Molienda</i>	<i>5,50</i>	-	<i>50</i>	-	<i>50</i>	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Bulk</i>	<i>5,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot. Rougher- Bulk</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>5</i>	<i>20</i>	-	<i>20</i>
<i>Flot. Cinética Bulk</i>	<i>12,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Zinc</i>	<i>5,00</i>	<i>300</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot. Rougher- Zinc</i>	<i>3,00</i>	-	-	-	-	<i>5</i>	-	<i>30</i>	<i>30</i>
<i>Flot. Cinética Zinc</i>	<i>15,00</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b><i>TOTAL</i></b>	<b><i>48,50</i></b>	<b><i>300</i></b>	<b><i>50</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>50</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>20</i></b>	<b><i>30</i></b>	<b><i>50</i></b>

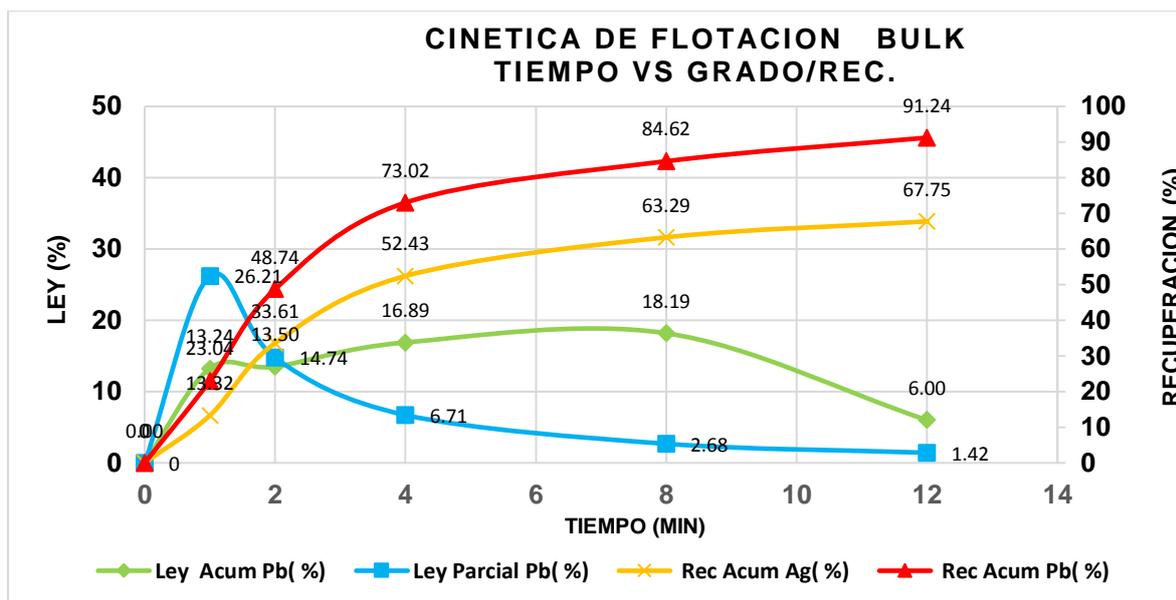
Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental cinetica de flotación cumpliendo con el diagrama de la figura 24 usando el depresor orgánico biodegradable con un promedio de 50 g/t.

- La prueba cinética de flotación fue realizada teniendo en cuenta las condiciones de prueba de flotación proporcionada en el cuadro N° 19 se trabajó con un 66 % de solidos 50 g/t de reactivo orgánico biodegradable con un pH natural de 7 a 11 alcalino este parámetro se da con el colector de zinc flottec - 4234 sin la utilización de cal a estas condiciones no derivan al siguiente balance metalúrgico.

**Tabla 20 Prueba experimental N° 9 Cinética de Flotación en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>O/tm</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. 1 Bulk (0 – 1 min )</i>	1,22	18,2	1,58	26,2	1,96	6,64	13,32	9,26	23,04	0,71	0,79	
<i>Conc. 2 Bulk (1 - 2 min)</i>	2,42	13,9	1,22	14,7	0,88	5,69	20,28	14,19	25,70	0,63	1,35	
<i>Conc. 3 Bulk (2 - 4 min )</i>	5,03	6,25	0,46	6,71	0,44	6,62	18,82	11,10	24,27	0,66	3,26	
<i>Conc. 4 Bulk (4 – 8 min)</i>	6,02	3,01	0,6	2,68	0,4	6,57	10,85	17,33	11,61	0,71	3,87	
<i>Conc. 5 Bulk (8 - 12 min )</i>	6,48	1,15	0,57	1,42	0,36	7,54	4,46	17,72	6,62	0,69	4,78	
<i>Conc. Ro + Scv Bulk</i>	21,1	5,34	0,69	5,99	0,54	6,78	67,75	69,61	<b>91,24</b>	3,40	14,05	
<i>Conc. 1 Zinc (0 - 1 min )</i>	2,20	2,68	0,22	0,77	44,4	7,12	3,54	2,33	1,22	28,71	1,53	
<i>Conc. 2 Zinc (1 – 3 min )</i>	3,83	2,74	0,12	0,29	26,2	8,91	6,28	2,20	0,80	29,68	3,34	
<i>Conc. 3 Zinc (3 - 6 min)</i>	5,43	1,38	0,16	0,24	14,2	9,49	4,49	4,17	0,94	22,82	5,04	
<i>Conc. 4 Zinc (6 - 10 min )</i>	9,30	0,69	0,12	0,14	2,68	7,87	3,84	5,35	0,94	7,38	7,16	
<i>Conc. 5 Zinc (10 - 15 min )</i>	10,0	0,48	0,1	0,1	1,64	9,8	2,89	4,83	0,72	4,89	9,65	
<i>Conc. Ro + Scv Zinc.</i>	30,8	1,14	0,13	0,21	10,2	8,86	21,04	18,88	4,62	<b>93,48</b>	26,72	
<i>Relave</i>	47,9	0,39	0,05	0,12	0,22	12,6	11,21	11,51	4,14	3,13	59,23	
<i>Cabeza Calculada</i>	100,	<b>1,67</b>	<b>0,21</b>	<b>1,39</b>	<b>3,38</b>	<b>10,2</b>	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		<b>1,65</b>	<b>0,20</b>	<b>1,33</b>	<b>3,35</b>	<b>10,2</b>						

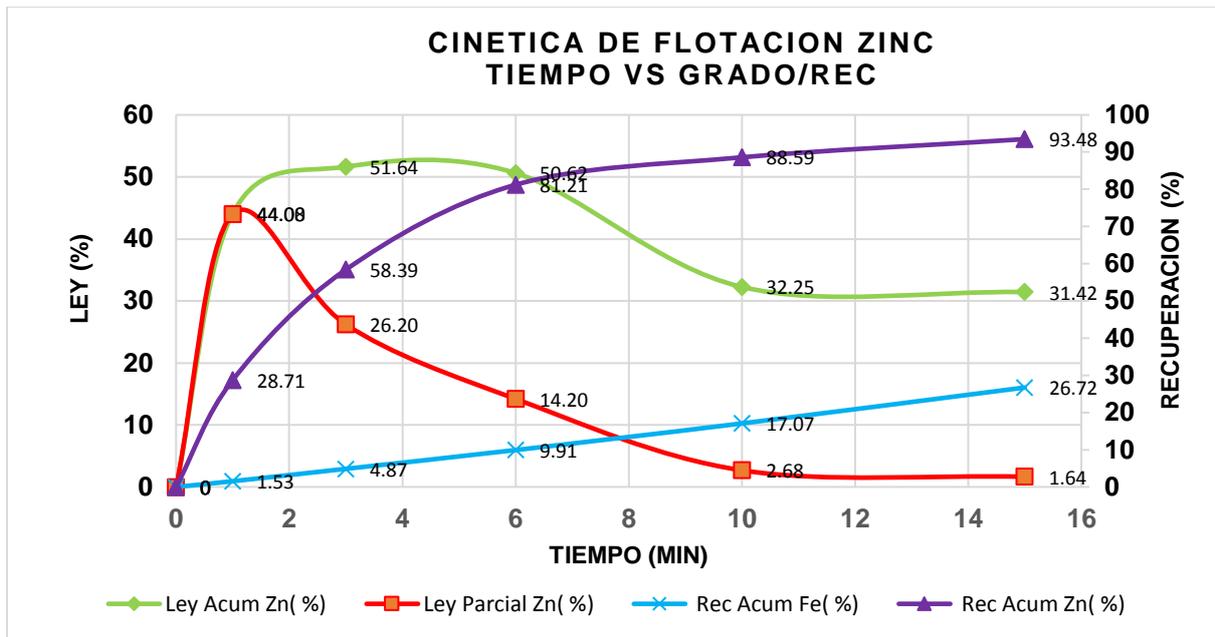
Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 9 Cinética de Flotación en los circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico RA-058.



**Figura 25** Cinética de Flotación Bulk Tiempo vs Grado y Recuperación acumulada.

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 9 Cinética de Flotación Bulk según Tiempo vs Grado y la Recuperación acumulada usando el depresor orgánico biodegradable.

- Se muestra en la figura 25 que el tiempo adecuado es de 8 minutos alcanzados recuperaciones de 84.62 % por encima del rango operacional que es 80 % para el circuito bulk con leyes de 26.21 % de plomo usando el reactivo biodegradable a 50 g/t.
- Se visualiza en esta prueba de cinética baja activación de zinc menor a 2 % en concentrado bulk cumpliendo con la performance metalúrgica de tener recuperaciones aceptables.
- Las recuperaciones de plomo y plata llegaron a 91.24 % y 67.75 % respectivamente usando el depresor orgánico biodegradable desde las primeras etapas de la flotación bulk donde se incrementaron las recuperaciones de plomo debido a que tiene una alta cinética a diferencia de sulfato de zinc.
- Una buena recuperación y grado de plomo en etapa bulk depende de colector aerophine 3418 por lo tanto es dispensable usar a aerophine 3418 para el circuito bulk.



**Figura 26** Cinética de Flotación Zinc Tiempo vs Grado y Recuperación acumulada.

Nota: Fuente elaboración de la pruebas experimental N° 9 Cinética de Flotación Bulk según Tiempo vs Grado y la Recuperación acumulada usando el depresor orgánico biodegradable.

- La recuperación de zinc con pH 9.5 tiene una cinética parcial sin activar el hierro en los primero 6 minutos la recuperación de zinc es de 93.48 % con una ley de concentrado de 44.08 %.
- La selectividad de la esfalerita frente a la pirita es elevada en los 3 minutos iniciales generando así espumas de zinc con grados de 6 % de hierro, este comportamiento justificamos que la pirita para flotar con el xantanto deber ser oxidado este compuesto se obtiene cuando el pH es bajo o la dosificación de sulfato de cobre este en exceso.
- Se puede observar que la recuperaciones zinc tiende hacerse lineal a partir de 8 minutos de flotación así como la interacción entre la ley parcial de zinc y la ley acumulada de zinc la performance metalúrgica nos resultó aceptable con el depresor orgánico resultado estable con consumo reducido en 50 g/t

### **3.9.5. Pruebas Experimentales Ciclo Cerrado Circuito Bulk y Zinc.**

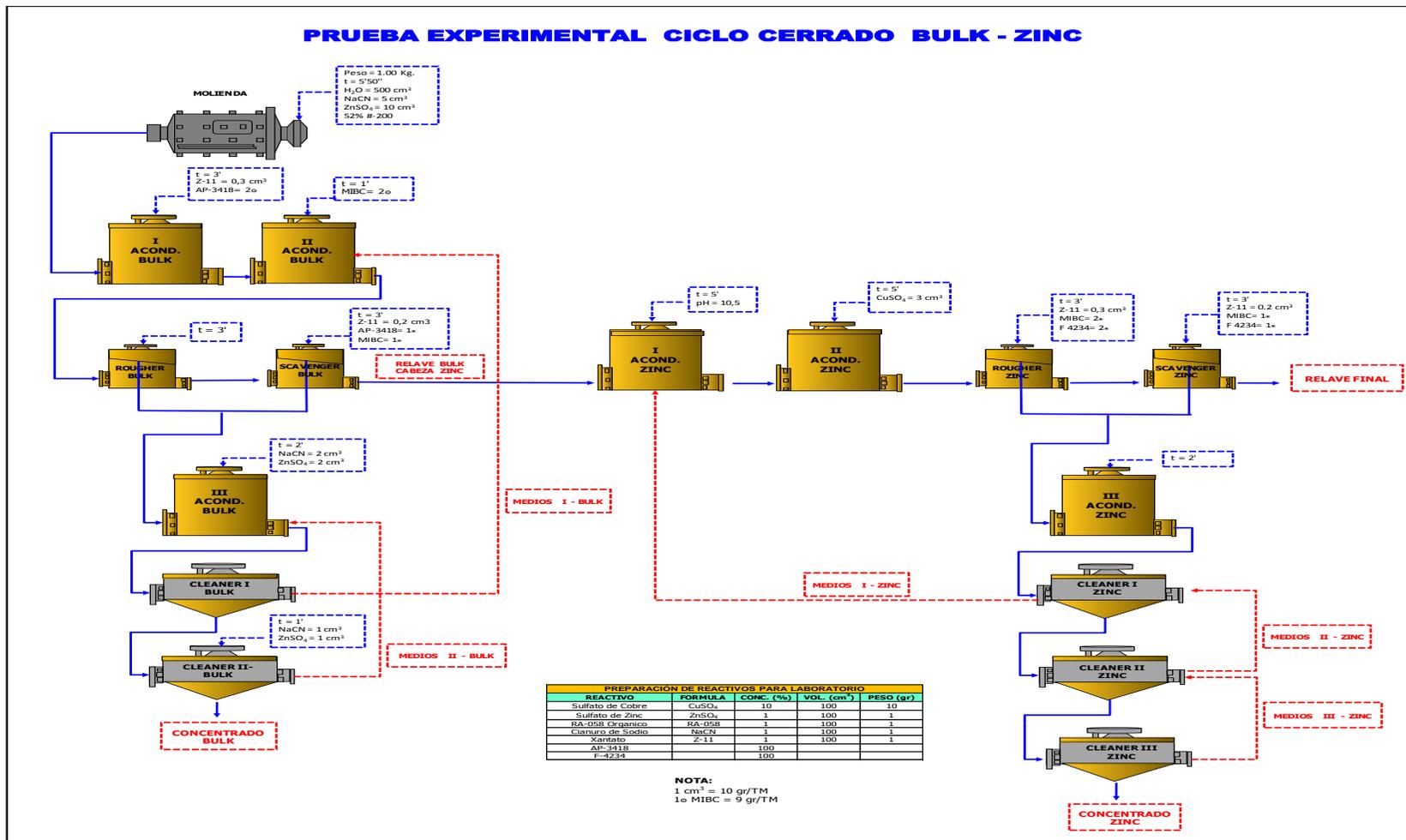
Se ejecutó esta prueba experimental ciclo cerrado bulk y zinc para confirmar los grados de calidad y recuperación en los concentrados final de bulk y zinc, evaluando el efecto de la recirculación de las cargas circulantes de los medios donde se puede simular o proyectar un proceso continuo en las operaciones de la planta concentradora el porvenir con el reactivo propuesto.

Se tiene en consideración el esquema de flotación propuesto en la figura 27 basándonos en las condiciones y parámetros de la pruebas de flotación batch y estándar.

El desarrollo de la prueba experimental ciclo cerrado comprendió de seis ciclos de flotación donde se considera los dos últimos ciclos para tener un equilibrio donde se determinara el balance metalúrgico proyectado a escala industrial.

Como última prueba experimental se confirma la sustitución total del depresor sulfato de zinc por el reactivo orgánico biodegradable por demostrar mejor selectividad en el grado y recuperaciones en ambos circuitos cumpliendo con el objetivo propuesto.

A continuación se muestra el diagrama experimental de ciclo cerrado bulk y zinc, seguido de las condiciones y balances metalúrgicos de prueba de flotación.



*Figura 27 Diagrama Experimental Flotación Ciclo Cerrado en los Circuito Bulk y Zinc.*

Nota: Fuente elaboración propia con la experiencia en pruebas el criterio fue personal para armar el diagrama en ambos circuitos bulk y zinc teniendo como base el diagrama de planta concentradora Unidad El Porvenir actualizado 2020.

**Tabla 21** Dosificación de Reactivos de en la Flotación Cíclica Ciclo Cerrado.

ETAPA	min	CuSO4	NaCN	ZnSO4	RA-058	Z.11	AP3418	F-4234	MIBC
<i>Molienda</i>	5,50	-	50	-	50	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	3	20	-	-
<i>Flot. Rougher- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Acond. Scavenger- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot. Scavenger- Bulk</i>	3,00	-	-	-	-	2	10	-	10
<i>Acond. Cleaner 1 Bulk</i>	2,00	-	20	-	20	-	-	-	-
<i>Flot. Cleaner 1 Bulk</i>	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Cleaner 2 Bulk</i>	1,00	-	10	-	10	-	-	-	-
<i>Flot. Cleaner 2 Bulk</i>	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. I Zinc</i>	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. II Zinc</i>	5,00	300	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Rougher- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	20	10
<i>Flot. Rougher- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acond. Scavenger- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	10	10
<i>Flot. Scavenger- Zinc</i>	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot. Cleaner I Zinc</i>	2,00	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Flot. Cleaner II Zinc</i>	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Flot. Cleaner III Zinc</i>	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>49,5</b>	<b>300</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>50</b>

Nota: Fuente elaboración de la dosificación de reactivos g/t en la pruebas experimental flotación estándar cumpliendo con el diagrama de la figura 22 usando el depresor orgánico biodegradable con un promedio de 80 g/t.

- Se trabajó con una molienda estándar en todo los ciclos de 5.50 minutos, el total de tiempo fue de 49.5 minutos por cada prueba cíclica con una dosificación del reactivo orgánico fue de 80 g/t para cada una de la pruebas cíclicas.
- En el circuito bulk se mantiene le pH de 10.45 mínimo y 10.6 como máximo.
- En el circuito zinc se trabajó en un rango de 7.8 mínimo hasta 9.22 máximo normalmente un circuito alcalino.

**Tabla 22 Prueba experimental N° 10 Flotación Ciclo Cerrado en los Circuitos Bulk y Zinc.**

<i>Producto</i>	<i>peso</i>		<i>Ley</i>				<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk Ciclo 1</i>	0,19	66,95	<b>50,38</b>	1,56	2,16	7,36	7,07	7,25	1,92	0,12	0,13
<i>Conc. Bulk Ciclo 2</i>	0,24	59,79	<b>49,77</b>	1,29	2,2	5,86	7,98	9,06	2,01	0,16	0,13
<i>Conc. Bulk Ciclo 3</i>	0,32	62,54	<b>49,04</b>	1,27	2,06	8,11	11,00	11,76	2,61	0,20	0,24
<i>Conc. Bulk Ciclo 4</i>	0,33	61,68	<b>50,91</b>	1,44	1,78	8,06	11,30	12,71	3,08	0,18	0,25
<i>Conc. Bulk Ciclo 5</i>	0,38	63,21	<b>49,76</b>	1,52	1,68	8,05	13,29	14,26	3,73	0,19	0,29
<i>Conc. Bulk Ciclo 6</i>	0,41	67,51	<b>50,25</b>	1,3	1,73	7,69	15,29	15,51	3,44	0,21	0,30
<i>Conc. Bulk Total</i>	<b>1,89</b>	<b>63,71</b>	<b>50,01</b>	<b>1,39</b>	<b>1,89</b>	<b>7,63</b>	<b>65,93</b>	<b>70,54</b>	<b>16,80</b>	<b>1,07</b>	<b>1,35</b>
<i>Medios II Bulk</i>	0,45	23,09	23,6	1,79	9,02	10,53	5,73	7,98	5,19	1,22	0,45
<i>Medios I Bulk</i>	1,17	8,99	14,89	1,36	10,9	9,94	5,78	13,06	10,22	3,83	1,09
<i>Conc. Ro Bulk</i>	<b>3,51</b>	<b>40,20</b>	<b>34,88</b>	<b>1,43</b>	<b>5,83</b>	<b>8,78</b>	<b>77,44</b>	<b>91,58</b>	<b>32,22</b>	<b>6,12</b>	<b>2,89</b>
<i>Conc. Zinc Ciclo 1</i>	0,42	1,97	0,18	0,54	<b>52,3</b>	6,71	0,46	0,06	1,47	6,64	0,27
<i>Conc. Zinc Ciclo 2</i>	0,50	1,56	0,2	0,51	<b>50,0</b>	7,53	0,43	0,07	1,62	7,43	0,35
<i>Conc. Zinc Ciclo 3</i>	0,68	1,65	0,22	0,53	<b>51,6</b>	8,11	0,61	0,11	2,30	10,46	0,52
<i>Conc. Zinc Ciclo 4</i>	0,63	1,4	0,21	0,51	<b>50,5</b>	8,08	0,49	0,10	2,06	9,54	0,48
<i>Conc. Zinc Ciclo 5</i>	0,65	1,48	0,2	0,58	<b>52,7</b>	8,1	0,52	0,10	2,40	10,20	0,49
<i>Conc. Zinc Ciclo 6</i>	0,66	1,9	0,23	0,77	<b>51,1</b>	9,02	0,69	0,11	3,26	10,10	0,56
<i>Conc. Zinc Total</i>	<b>3,54</b>	<b>1,65</b>	<b>0,21</b>	<b>0,58</b>	<b>51,4</b>	<b>8,02</b>	<b>3,20</b>	<b>0,55</b>	<b>13,13</b>	<b>54,37</b>	<b>2,66</b>
<i>Medios III Zn</i>	0,69	2,48	0,41	1,46	44,0	12,96	0,94	0,21	6,50	9,13	0,84
<i>Medios II Zn</i>	1,42	1,92	0,46	1,43	32,3	13,56	1,50	0,49	13,03	13,72	1,81
<i>Medios I Zn</i>	1,57	1,99	0,51	0,74	28,3	12,52	1,71	0,60	7,43	13,24	1,84
<i>Conc. Ro Zn</i>	<b>7,22</b>	<b>1,86</b>	<b>0,34</b>	<b>0,87</b>	<b>41,9</b>	<b>10,56</b>	<b>7,35</b>	<b>1,85</b>	<b>40,08</b>	<b>90,46</b>	<b>7,14</b>
<i>Relave Final Ciclo 1</i>	14,1	0,25	0,09	0,04	0,12	10,8	1,95	0,96	3,64	0,51	14,36
<i>Relave Final Ciclo 2</i>	14,8	0,3	0,1	0,05	0,15	10,47	2,44	1,11	4,76	0,67	14,55
<i>Relave Final Ciclo 3</i>	14,9	0,32	0,09	0,05	0,13	10,64	2,63	1,01	4,80	0,58	14,94
<i>Relave Final Ciclo 4</i>	15,1	0,34	0,1	0,05	0,12	10,72	2,82	1,13	4,85	0,54	15,20
<i>Relave Final Ciclo 5</i>	15,1	0,31	0,1	0,05	0,12	10,97	2,58	1,13	4,86	0,54	15,58
<i>Relave Final Ciclo 6</i>	14,9	0,34	0,11	0,05	0,13	10,94	2,79	1,23	4,80	0,58	15,34
<i>Relave Final Total</i>	<b>89,2</b>	<b>0,31</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,13</b>	<b>10,76</b>	<b>15,21</b>	<b>6,57</b>	<b>27,70</b>	<b>3,42</b>	<b>89,97</b>
<i>Cabeza Calculada</i>	100,	<b>1,82</b>	<b>1,34</b>	<b>0,16</b>	<b>3,35</b>	<b>10,67</b>	100	100	100	100	100

- Se realiza una evaluación metalúrgica de los 6 ciclos realizados en el laboratorio metalúrgico el porvenir con el objetivo de validar los resultados obtenidos en la prueba cinética, donde los resultados fueron aceptables con el depresor orgánico biodegradable propuesto mejorando los grados y recuperaciones de plomo y zinc.
- Se obtuvieron grados y recuperaciones a nivel rougher bulk muy similares a las pruebas batch realizados en la prueba N° 8 demostrando la reproductividad de los resultados.
- Estas pruebas se desarrollaron comparando el efecto del reactivo orgánico cumpliendo con las condiciones y parámetros el diagrama experimental de la figura 27.
- En circuito zinc se logró replicar la calidad de concentrados final en 52 % cíclica 1 con referencia a las pruebas estándar, disminuyendo esta calidad ligeramente por efecto de la carga circulante a 51.11 % en la cíclica 6.
- La calidades de concentrado de plomo fueron constante como mínimo de 49.77 % y máximo 50.91 % baja activación de zinc en un promedio de 2 %.
- Las calidades de concentrado de zinc se mantuvieron estables como mínimo 50.06 % y máximo 52.79 % baja activación de plomo 0.20 % promedio.

**Tabla 23 Balance de Equilibrio últimos dos ciclos.**

<i>Productos</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	2,5	65,44	50,0	1,41	1,71	7,86	81,27	92,04	31,89	1,86	1,80	
<i>Conc. Zinc</i>	4,1	1,69	0,22	0,68	51,9	8,57	3,45	0,65	25,19	92,99	3,22	
<i>Relave Final</i>	93,5	0,32	0,10	0,05	0,12	10,9	15,27	7,31	42,93	5,16	94,98	
<i>Cabeza Calculada</i>	100	1,99	1,34	0,11	3,35	10,7	100	100	100	100	100	
<i>Cabeza Ensayada</i>		1,65	1,33	0,20	3,35	10,2						

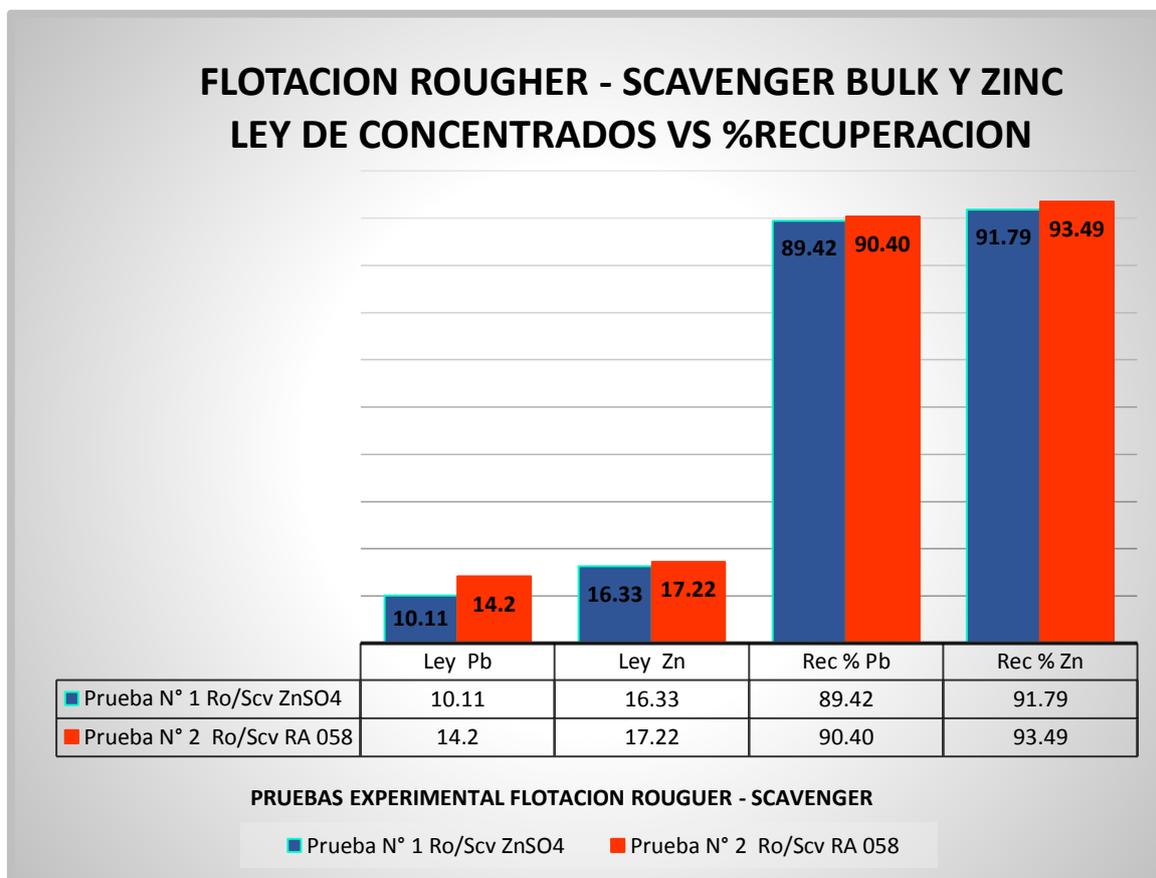
Nota: Fuente elaboración de Balance de Equilibrio últimos dos ciclos de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico RA-058.

- Con los 2 últimos ciclos en equilibrio se procedió a realizar el balance metalúrgico proyectado.
- El balance metalúrgico proyectado nos muestra que en el equilibrio y con el efecto de la carga circulante podemos obtener una calidad de concentrados de zinc y plomo comerciáveis.
- El balance proyectado tiene una recuperación de 92.04 % para el plomo y de 92.94 % para el zinc esto nos indica bajo desplazamiento de bulk al circuito zinc, menor activación de hierro la influencia de los relaves de los medios no afecto la calidad de los concentrados.

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE RESULTADOS.

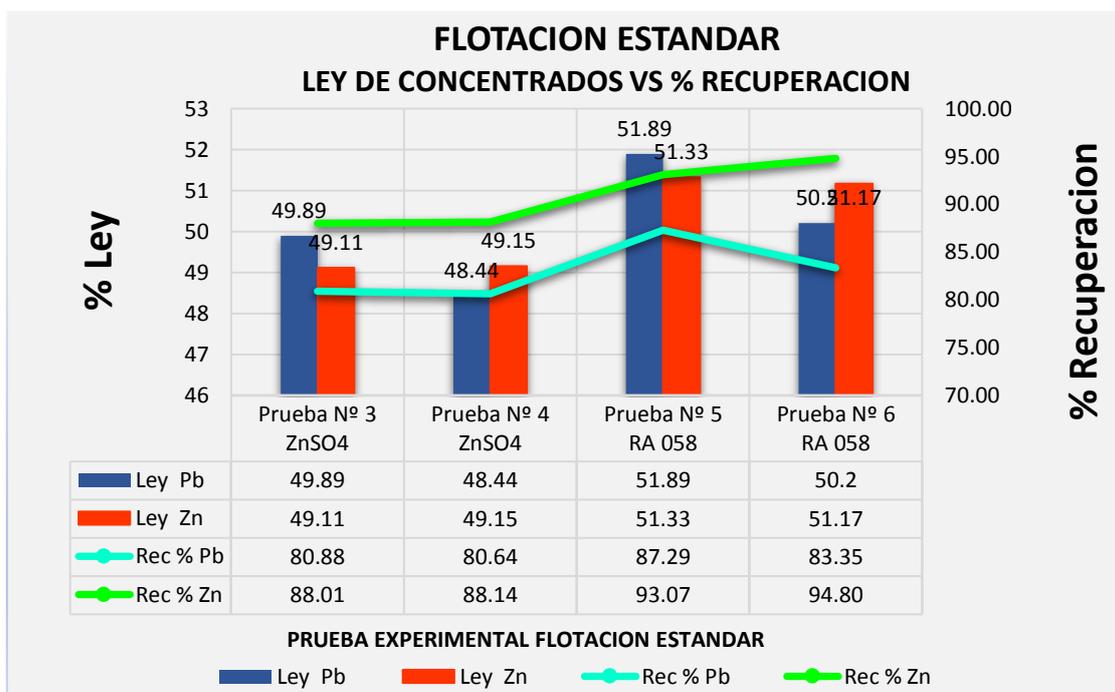
#### 4.1. RESULTADOS FLOTACIÓN ROUGHER Y SCAVENGER.



*Figura 28 Resultados de la Flotación Rougher e Scavenger Ley vs Recuperación*

- Los resultados son claramente notorios se mejoró la ley de plomo de 10.11 % con el depresor sulfato de zinc a 14.2 % con el depresor orgánico para el zinc fue similar de 16.33 % se mejoró a 17.22 % con recuperación de plomo de 89.42 % a 90.40 % para el zinc de 91.79 % a 93.49 %.
- Como prueba inicial fue favorable cumpliendo la performance metalúrgica que fue base para las siguientes pruebas experimentales.

## 4.2. RESULTADOS FLOTACIÓN ESTÁNDAR.

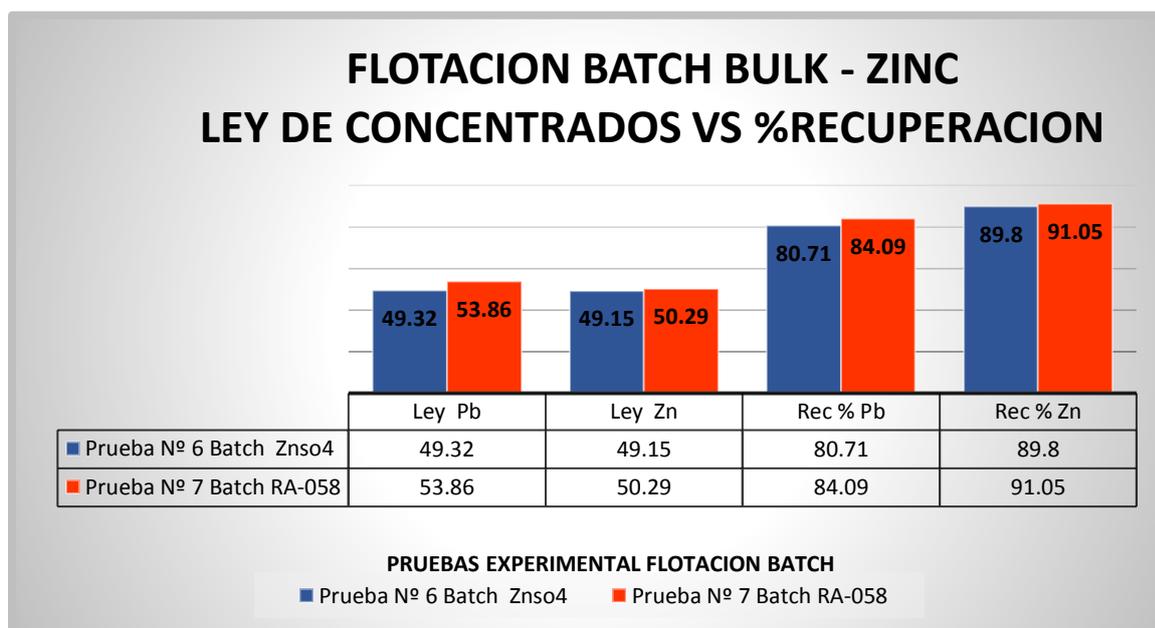


*Figura 29 Resultados de la Flotación Estándar Calidad vs Recuperación.*

- Los resultados de la flotación estándar nos refleja en la prueba N° 3 para el plomo fue de 49.89 % y de zinc de 49.11 % con una recuperación de plomo de 80.88 % y de zinc de 88.01 % en la prueba N° 4 fue de 48.44 % de plomo y de zinc 49.15 % con recuperaciones de 80.64 % plomo y zinc de 88.14 % estas dos pruebas fueron con depresor sulfato de zinc.
- La pruebas N° 5 los resultados de las calidades fueron de 51.89 % de plomo y de zinc 51.33 % con recuperaciones de 87.29 % para el plomo y de zinc fue de 93.07 % en la prueba N° 6 el grado de plomo fue de 50.2 % y de zinc es 51.17 % con recuperaciones de 83.34 % para el plomo y de zinc fue de 94.80 %. estas pruebas fueron con el depresor orgánico.
- El reactivo orgánico biodegradable a 66 g/t tiene el mismo efecto que el sulfato de zinc a 130 g/t en la depresión de zinc.

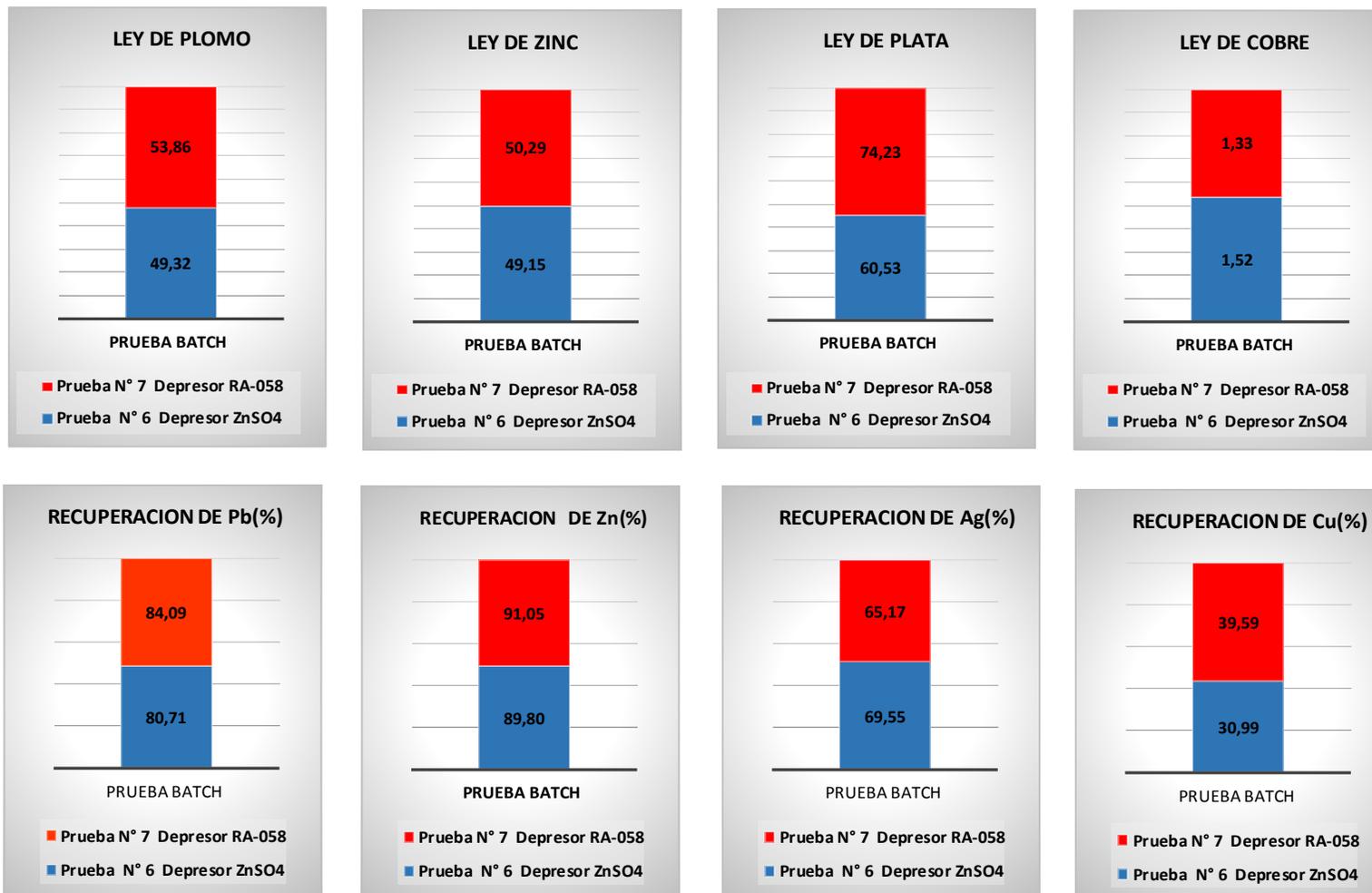
- Los resultados de los balances metalúrgicos, cumplen la performance metalúrgica del zinc y plomo tanto en grado y recuperación que se encuentran dentro del rango operacional a pesar de tener un ligero incremento según el resultado mostrado en la prueba estándar.

#### 4.3. RESULTADOS FLOTACIÓN TIPO BATCH.



*Figura 30 Resultados de la Flotación Batch Calidad vs Recuperación.*

- Se consideró el esquema de flotación batch donde se obtuvieron los siguientes resultados de la prueba N°6 se obtuvo una ley de plomo de 49.32 % y de zinc 49.15 % con una recuperación de 80.71 % de plomo y zinc de 89.8 % usando el depresor sulfato de zinc.
- Con el reactivo orgánico biodegradable los resultados fueron de 53.86% grado de plomo y de zinc fue 50.29 % con una recuperación 84.09 % para el plomo y zinc de 91.05 % cumpliendo con la performance metalúrgica de remplazar el depresor sulfato de zinc.



*Figura 31 Comparaciones De Leyes y Recuperaciones Flotación Batch.*

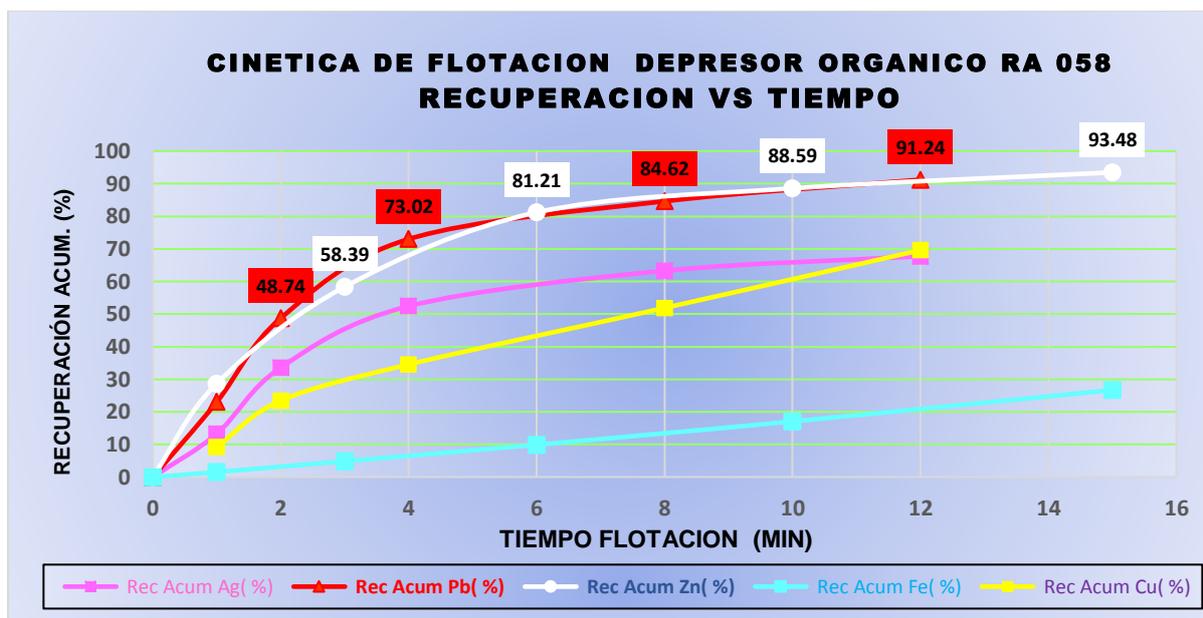
- Según la comparaciones se logró incrementar las recuperaciones de plomo de 80.71 % a 84.09% y de zinc de 89.80 % a 91.05 %, remplazando totalmente al depresor sulfato de zinc de 130 g/t a 80 g/t con el reactivo orgánico logrando mayor depresión de sulfuros de zinc menor activación de hierro.

#### 4.4. RESULTADOS FLOTACIÓN CINÉTICA.

*Tabla 24 Recuperación Acumulada según el porcentaje.*

<i>Recuperación Acumulada (%)</i>						
<i>Flotación</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Rec Acum</i>				
		<i>Ag %</i>	<i>Cu %</i>	<i>Pb %</i>	<i>Zn %</i>	<i>Fe %</i>
<b><i>Plomo</i></b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>1</i>	<i>13,32</i>	<i>9,26</i>	<i>23,04</i>	<i>0,71</i>	<i>0,79</i>
	<i>2</i>	<i>33,61</i>	<i>23,45</i>	<i>48,74</i>	<i>1,34</i>	<i>2,14</i>
	<i>4</i>	<i>52,43</i>	<i>34,55</i>	<i>73,02</i>	<i>2,00</i>	<i>5,40</i>
	<i>8</i>	<i>63,29</i>	<i>51,88</i>	<i>84,62</i>	<i>2,71</i>	<i>9,27</i>
	<i>12</i>	<i>67,75</i>	<i>69,61</i>	<i>91,24</i>	<i>3,40</i>	<i>14,05</i>
<b><i>Zinc</i></b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>1</i>	<i>3,54</i>	<i>2,33</i>	<i>1,22</i>	<i>28,71</i>	<i>1,53</i>
	<i>3</i>	<i>9,82</i>	<i>4,53</i>	<i>2,02</i>	<i>58,39</i>	<i>4,87</i>
	<i>6</i>	<i>14,31</i>	<i>8,70</i>	<i>2,96</i>	<i>81,21</i>	<i>9,91</i>
	<i>10</i>	<i>18,15</i>	<i>14,05</i>	<i>3,89</i>	<i>88,59</i>	<i>17,07</i>
	<i>15</i>	<i>21,04</i>	<i>18,88</i>	<i>4,62</i>	<i>93,48</i>	<i>26,72</i>

Nota: Fuente elaboración de la recuperación acumulada en la de cinética en los circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.



*Figura 32 Resultados de Cinética de Flotación entorno a su Recuperación vs Tiempo.*

- Los resultados muestran que el tiempo correcto es de 8 minutos alcanzados recuperaciones de 84.62 % para el plomo y para el zinc es 10 minutos alcanzando recuperaciones de 88.59 %.
- Se puede observar que la recuperaciones de plomo y zinc tiende hacerse lineal a partir de 8 y 10 minutos de flotación así como la interacción entre la ley parcial de zinc y la ley acumulada de zinc la performance metalúrgica nos resultó aceptable con el depresor orgánico resultado estable con consumo reducido en 50 g/t.
- La dosificación de colector secundario en la flotación bulk aerophine 3418 es fundamental a 30 g/t para incrementar su cinética de recuperación bulk.
- La dosificación de sulfato de cobre de 300 g/t es favorable en la flotación zinc para incrementar su cinética de recuperación.

#### 4.5. RESULTADOS FLOTACIÓN CÍCLICA CICLO CERRADO.

*Tabla 25 Prueba Cíclica Numero 1.*

<i>Ciclo I</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1,30	66,95	50,3	1,56	2,16	7,36	71,07	86,81	24,68	1,70	0,90	
<i>Conc. Zinc</i>	2,87	1,97	0,18	0,54	52,3	6,71	4,61	0,68	18,84	90,86	1,81	
<i>Relave Final</i>	95,84	0,31	0,10	0,05	0,13	10,7	24,32	12,51	56,49	7,44	97,28	
<i>Total</i>	100						100	100	100	100	100	

Nota: Fuente elaboración Ciclo N 1 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

*Tabla 26 Prueba Cíclica Numero 2.*

<i>Ciclo II</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	1,56	59,79	49,7	1,29	2,2	5,86	73,58	88,44	23,99	1,94	0,89	
<i>Conc. Zinc</i>	3,19	1,56	0,2	0,51	50,0	7,53	3,92	0,73	19,35	90,00	2,33	
<i>Relave Final</i>	95,25	0,30	0,10	0,05	0,15	10,4	22,50	10,83	56,66	8,06	96,78	
<i>Total</i>	100						100	100	100	100	100	

Nota: Fuente elaboración Ciclo N° 2 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

**Tabla 27 Prueba Cíclica Numero 3.**

<b>Ciclo III</b>	<b>Peso</b>		<b>ley</b>					<b>Recuperación</b>				
	<b>%</b>	<b>Oz/TM</b>	<b>%</b>					<b>%</b>				
			<b>Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
<b>Conc. Bulk</b>	2,01	62,54	<b>49,0</b>	1,27	2,06	8,11	77,23	<b>91,31</b>	26,87	1,76	1,55	
<b>Conc. Zinc</b>	4,24	1,65	0,22	0,53	<b>51,6</b>	8,11	4,31	0,87	23,70	<b>93,06</b>	3,28	
<b>Relave Final</b>	93,75	0,32	0,09	0,05	0,13	10,6	18,46	7,83	49,42	5,18	95,17	
<b>Total</b>	100						100	100	100	100	100	

Nota: Fuente elaboración Ciclo N° 3 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

**Tabla 28 Prueba Cíclica Numero 4.**

<b>Ciclo IV</b>	<b>Peso</b>		<b>ley</b>					<b>Recuperación</b>				
	<b>%</b>	<b>Oz/TM</b>	<b>%</b>					<b>%</b>				
			<b>Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
<b>Conc. Bulk</b>	2,07	61,68	<b>50,9</b>	1,44	1,78	8,06	77,35	<b>91,17</b>	30,83	1,73	1,58	
<b>Conc. Zinc</b>	3,92	1,4	0,21	0,51	<b>50,5</b>	8,08	3,32	0,71	20,65	<b>92,98</b>	3,00	
<b>Relave Final</b>	94,00	0,34	0,10	0,05	0,12	10,7	19,32	8,12	48,52	5,29	95,42	
<b>Total</b>	100						100	100	100	100	100	

Nota: Fuente elaboración Ciclo N° 4 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

**Tabla 29 Prueba Cíclica Numero 5.**

<i>Ciclo V</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	2,37	63,21	<b>49,7</b>	1,52	1,68	8,05	81,07	<b>92,06</b>	33,95	1,76	1,77	
<i>Conc. Zinc</i>	3,99	1,48	0,2	0,58	<b>52,7</b>	8,10	3,20	0,62	21,85	<b>93,27</b>	3,00	
<i>Relave Final</i>	93,64	0,31	0,10	0,05	0,12	10,9	15,73	7,32	44,20	4,97	95,24	
<i>Total</i>	100						100	100	100	100	100	

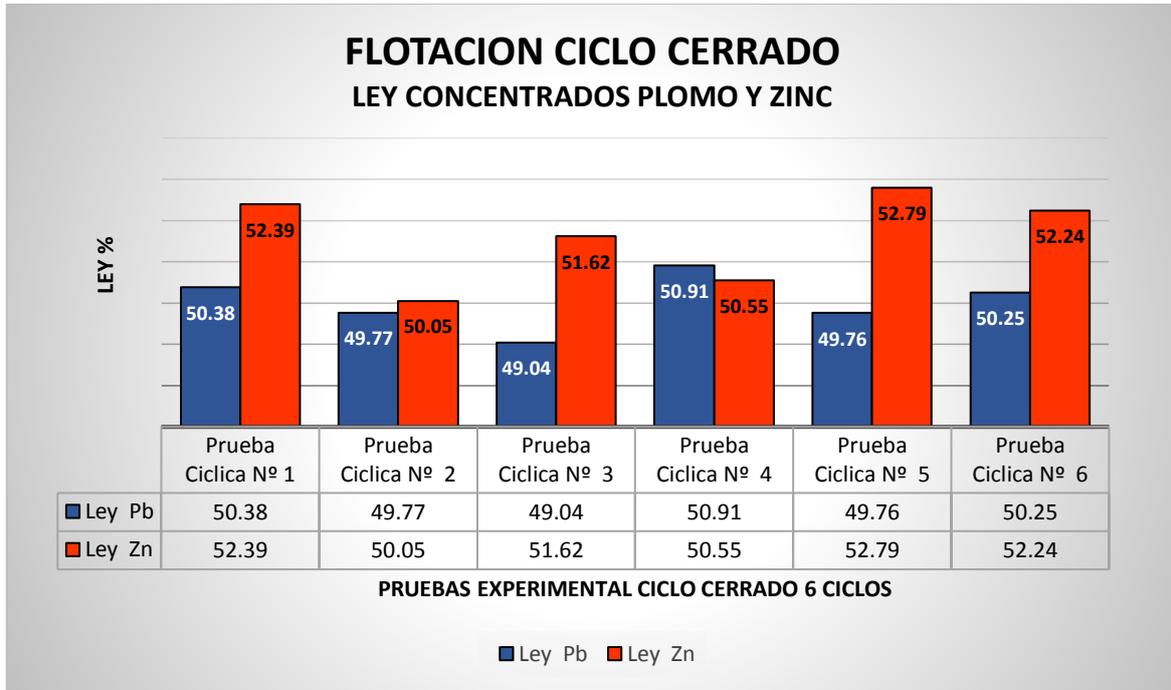
Nota: Fuente elaboración Ciclo N° 5 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

**Tabla 30 Prueba Cíclica Numero 6.**

<i>Ciclo VI</i>	<i>Peso</i>		<i>ley</i>					<i>Recuperación</i>				
	<i>%</i>	<i>Oz/TM</i>	<i>%</i>					<i>%</i>				
			<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<i>Conc. Bulk</i>	2,57	67,51	<b>50,2</b>	1,3	1,73	7,69	81,46	<b>92,02</b>	29,91	1,96	1,84	
<i>Conc. Zinc</i>	4,12	1,9	0,23	0,77	<b>51,1</b>	9,02	3,67	0,67	28,38	<b>92,70</b>	3,45	
<i>Relave Final</i>	93,30	0,34	0,11	0,05	0,13	10,9	14,87	7,30	41,71	5,34	94,71	
<i>Total</i>	100						100	100	100	100	100	

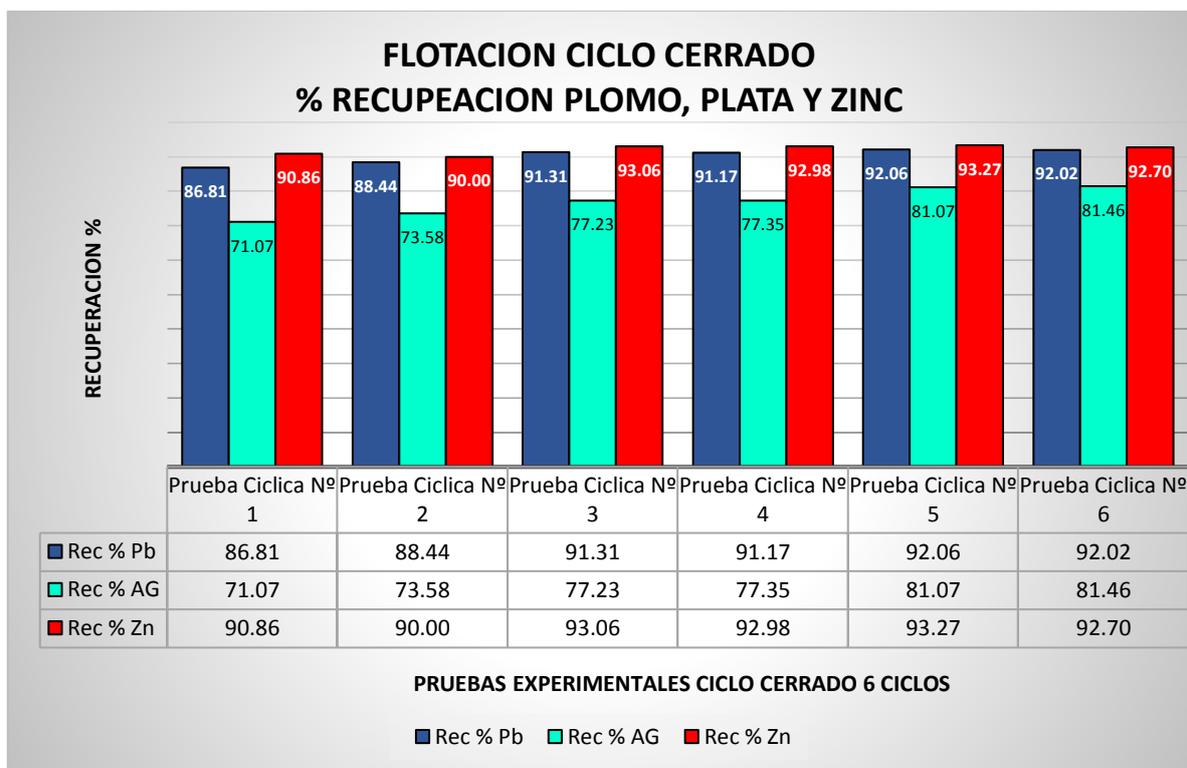
Nota: Fuente elaboración Ciclo N° 6 de la pruebas experimental N° 10 flotación cíclica circuito bulk y zinc usando el depresor orgánico biodegradable.

- Los resultados mostrados son los balances metalúrgico por cada prueba cíclica que se realizó con la recirculación de los medios rougher y scavenger a partir de los dos últimos ciclos se realizó un balance proyectado donde el proceso alcanza condiciones de estabilidad en leyes y recuperaciones simulando una operación continua con la recirculación de las cargas circulantes.



*Figura 33 Resultados de la Flotación Cíclica Grados de Plomo y Zinc.*

- Se muestra los resultados que son los grados de plomo y zinc alcanzados en cada prueba cíclica donde se mantiene una estabilidad de leyes como mínimo 49.04 % y máximo 50.91 % en plomo y de zinc es de 50.05 % mínimo y máximo 52.79 % estos resultados se consideró una etapa de condiciones siendo prioridad el consumo del reactivo depresor orgánico biodegradable que fue de 80 g/t por debajo de consumo de sulfato de zinc que era de 130 g/t
- Con el depresor orgánico biodegradable se logró mejorar la calidad de plomo y zinc el concentrado se floto en dos etapas subsiguientes de Cleaner 1 y Cleaner 2 teniendo estos grados que son comerciables se logra la sustitución del depresor de sulfuro de zinc y hierro.



*Figura 34 Resultados de la Flotación Cíclica Recuperaciones de Plomo, Plata y Zinc.*

- Los resultados mostrados son las recuperaciones de plomo, zinc y plata alcanzados en cada prueba cíclica donde se encuentran dentro de la estadística de operación de la unidad minera Nexa Resources donde se realizó el conjunto de pruebas experimentales para remplazar al sulfato de zinc por depresor orgánico que tienes similar efecto pero diferentes ventajas como mejorar la recuperaciones y los grados como también reducir costo hasta 50 % siendo un reactivo amigable con el medio ambiente por no se toxico.
- Con estos resultados se alinea el objetivo de sustituir al reactivo sulfato de zinc un depresor de sulfuros de zinc y hierro por el reactivo orgánico de similar efecto con mayores ventajas.

## CAPITULO V

### DISCUSIONES. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. DISCUSIONES.

- Mostrando los resultados de nuestra investigación, consideramos que las pruebas experimentales que realizamos con fin de reemplazar al depresor sulfato de zinc por el reactivo orgánico biodegradable mejoro la performance metalúrgica en grado y recuperaciones siendo el parámetro principal la cabeza de mineral 1.33 % Pb, 0.20 % Cu, 3.35 % Zn, 10.26 % Fe, 1.65 Ag Oz/TM y 0.41 Au g/t donde la activación de fierro se redujo y se tuvo menor desplazamiento de zinc al circuito bulk.
- Los factores que se trabajó en la granulométrica, consumo de reactivos, el tiempo de flotación fueron similares en todas la pruebas reduciendo el porcentaje de error para convalidar los resultados y analizar la flotabilidad de las partículas deseadas
- El efecto del depresor orgánico biodegradable respecto a la calidad de los concentrados indica una tendencia a obtener mejores leyes con alta recuperaciones esto se observa en los resultados presentados por este trabajo.
- Reduciendo la dosificación del depresor orgánico biodegradable implica también la reducción de dólil del sulfato de cobre ,así como la sustitución del sulfato de zinc que son costos directos para unidad y será beneficioso, además la probabilidad de mejorar la recuperación de valores en la flotación bulk y zinc.
- Mediante estas pruebas experimentales es posible predecir leyes y recuperaciones que se obtendrán a nivel industrial con los resultados obtenidos a nivel de laboratorio se van a comparar con los resultados obtenidos a nivel industrial.

## 5.2. CONCLUSIONES.

- Se incrementó la recuperación de plomo de 80 % a 82 % de plomo y de zinc de 89 % a 91 % promedio en las pruebas experimentales siendo resultados muy aceptables para la sustitución del depresor sulfato de zinc a nivel laboratorio considerando los mismos parámetros operacionales.
- Se trabajó a un tamaño de partículas de 52 % mallas -200 según la pruebas de moliendabilidad que nos determinó un tiempo de 5.50 minutos para las pruebas experimentales siendo un dato operacional la granulometría de operaciones la planta concentradora el porvenir.
- Del balance metalúrgico proyectado de la pruebas experimental ciclo cerrado se puede concluir la recuperación final de plomo es de 92.04 % con una calidad de 50.04 % y de zinc es 92.99 % con una calidad de 51.94 % logrando el objetivo propuesto.
- Es todas las pruebas experimentales que se realizó para lograr concentrados de calidad y tener mayor recuperaciones influencio bastante el pH para circuito bulk de rango de 9 a 10 y para el circuito zinc de 7 a 1.
- Se concluye que el trabajo presentado de la sustitución del depresor sulfato de zinc según evaluaciones se apoyan principalmente en las pruebas experimentales, leyes, recuperaciones los resultados obtenidos que son muy aceptables muestran una performance metalúrgica eficiente.
- Las condiciones de flujo de aire fue primordial para todas la pruebas experimentales y las revoluciones por minuto fue de 1500 rpm en acondicionamiento Rougher y scavenger y para los Cleaner fue de 1200 rpm.

- Análisis de beneficio económico

**Tabla 31** Beneficio económico del reactivo.

<i>Reactivo</i>	<i>Consumo</i>	<i>Precio</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Ahorro Mensual</i>	
<i>Depresor</i>	<i>tonelada/día</i>	<i>Kg U\$\$</i>	<i>Diario</i>	<i>Mensual</i>	<i>U\$\$</i>	
	<i>6200 tmsd</i>		<i>U\$\$</i>	<i>U\$\$</i>		
<i>ZnSO4</i>	<i>450</i>	<i>0.9</i>	<i>405</i>	<i>12150</i>	<i>Ahorro</i>	
<i>RA-058</i>	<i>60</i>	<i>3.5</i>	<i>210</i>	<i>6300</i>	<i>5850</i>	<i>48%</i>

Nota: Fuente elaboración datos estadísticos de operaciones alternativo RA-058 como depresor orgánico.

- Se puede precisar que se tendrá un ahorro más de 48 % con respecto al uso de sulfato de zinc debido a su mayor duración y consumo por tonelada de mineral tratado.
- Además del beneficio económico se tendrá las siguientes ventajas al usar el reactivo depresor orgánico biodegradable.
  - Medio Ambiente.- Efluentes con bajos valores de contenido iónico de zinc y cobre por ser un reactivo biodegradable amigable con el ambiente.
  - Logística.- Traslado de la décima parte del volumen actual, menor tiempo de transporte de distribución del centro de almacén hacia el área de reactivo en la planta concentradora,
  - Procesos.- La preparación del sulfato de zinc es diaria con el nuevo depresor biodegradable se preparara cada 4 días siendo accesible y más fácil por ser un reactivo líquido.
  - Seguridad.- Menor exposición al personal de operaciones por frecuencia de preparación y peligrosidad del reactivo (orgánico).

### 5.3. RECOMENDACIONES.

- Seguir trabajando en la optimización de la esfalerita siendo un sulfuro de zinc importante para la producción de concentrados en la unidad minera el porvenir con el fin de reducir su desplazamiento.
- Se recomienda que la investigación sea complementado industrialmente para colaborar el resultado obtenido en las pruebas experimentales a nivel de laboratorio Metalúrgico.
- Se recomienda realizar pruebas de flotación con minerales de oxidados de plomo y zinc para ver su comportamiento de manera experimental y analizar su performance metalúrgica.
- Se recomienda el monitoreo en el desempeño del reactivo orgánico en la pruebas industrial conjuntamente con el equipo de metalurgia y del proveedor los resultados obtenidos demostraron ser muy prometedores en el futuro con grados y recuperaciones aceptables mejorando la performance metalúrgica.
- Se recomienda continuar con la prueba en otras unidades mineras polimetálicas con el fin de demostrar esta investigación que confirme los resultados y conclusiones mencionados.

## FUENTES DE INFORMACION

- Azañero, A. O. (2015). *Flotacion y Concentracion de minerales*. Lima: Colecciones Jovi.
- Ballester, J. S., & Luis Felipe Verdaja. (2000). *Fundamentos, Metalurgia Extractiva* (Vol. I y II). Valle Hermoso, Madrid, España: Sistesis.
- Carrasco, D. (2005). *Metodología de investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Gutierrez, N. L. (2011). *Procesamiento de Minerales*. Lima: San Marcos.
- Hector, B. (2003). *Procesamiento de Minerales*. Jauja, Peru: Impreso en Peru.
- Loya, E. S., & Gutierrez, J. (1988). *American Cyanamid Company Manual de Productos Quimicos para Minería*. Mexico: Impreso en Mexico.
- Madueño, M. C. (1998). *Calculos Metalurgicos En planta conectoras*. Huancayo: Huanca Peru.S.A.
- Nuñez, I. Q. (1987). *Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales*. Lima-Peru: Ediciones Graficas S.A.
- Olivares, F. (1984). *Procesamiento de Minerales y Materiales*. Cerro de Pasco: Escuela de Metalurgia.
- Ramos, B. (2000). *Procesamiento de Minerales*. Lima: Ediciones Graficas S.A.
- Sotulov, A. (1963). *Flotacion de Minerales*. Concepcion: Universidad de concepcion.
- TECSUP. (2011). *Flotacion de Minerales*. Lima: Bruno.
- TYLER INDUSTRIAL PRODUCTS. (1978). *Tabla de especificaciones de Reactivos*. Canada.
- Yianatos, J., & Jofre, J. L. (2005). *Flotacion de Minerales Universidad Tecnica Federico*. Chile: Departamento de Procesos Quimicos Biotecnologicos y Ambientale.

## **ANEXOS**

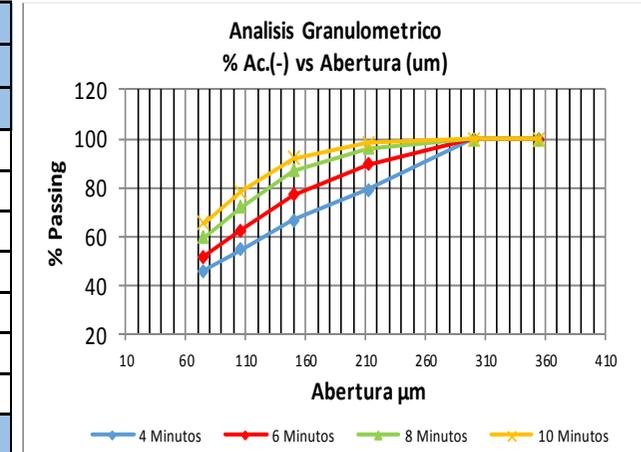
*Anexo 1 Matriz de Consistencia General.*

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>1.- Problema General</b>	<b>1.- Objetivos General</b>	<b>1.-Hipotesis General</b>	<b>1.- Tipo de investigación</b>
¿Cómo mejora la performance metalúrgica el depresor orgánico biodegradable en la calidad del concentrado y su recuperación en la flotación bulk de la Empresa Minera Nexa Resources S.A.A - Unidad el Porvenir 2019?	Sustituir al sulfato de zinc con un nuevo depresor orgánico biodegradable en el proceso de flotación bulk con pruebas experimentales mejorando la recuperación y la calidad del concentrado de plomo y zinc.	El depresor orgánico biodegradable optimizara la flotación de los sulfuros de zinc en la Empresa Minera Nexa Resources Unidad el Porvenir.	Es una investigación de tipo aplicada y experimental. <b>2.-Nivel de investigación.</b> Es de nivel experimental porque se conoce los factores que han dado origen al problema, entonces ya se le puede dar un tratamiento metodológico.
<b>2.- Problema específicos</b>	<b>2.- Objetivos Específicos</b>	<b>2.- Hipótesis Específicos</b>	<b>3.- Diseño de investigación</b>
<p>a) ¿Determinar el efecto del depresor sulfato de zinc en la recuperación y calidad del concentrado bulk y zinc durante el proceso de flotación?</p> <p>b) ¿Cuáles son las condiciones de operación y dosificación del depresor biodegradable?</p> <p>c) ¿Se mejorará el grado y recuperación del plomo y zinc?</p> <p>d) ¿Se eliminara el tiempo requerido en preparación de sulfatos?</p>	<p>a) Realizar pruebas experimentales con el nuevo depresor orgánico en la etapa de flotación bulk en las mismas la dosificación de operación.</p> <p>b) Disminuir el consumo de sulfatos evitando la fuente de activación de Zinc en el circuito bulk mejorando su recuperación y calidad.</p> <p>c) Reducir costos y disminuir impacto de los efluentes y el medio ambiente usando reactivo biodegradable en remplazo del sulfato de zinc.</p>	<p>a) El efecto del depresor orgánico biodegradable biodegradable remplazara al sulfato de zinc en la flotación bulk.</p> <p>b) Las pruebas experimentales de flotación con el depresor biodegradable nos determinara disminución de sulfato de zinc y cobre.</p> <p>c) Los estudios de la dosificación del depresor orgánico biodegradable nos determina si cumple tener similar comportamiento que el sulfato de zinc en las mismas condiciones de operación.</p>	<p>En esta investigación se aplicara el diseño experimental que se utiliza para establecer una relación entre la causa y el efecto de una situación</p> <p><b>4.- Población</b> Es el mineral composito mensual de los meses de setiembre, octubre y noviembre.</p> <p><b>5.- Muestra</b> Es el mineral que es recolectado de las guardias de planta concentradora.</p>

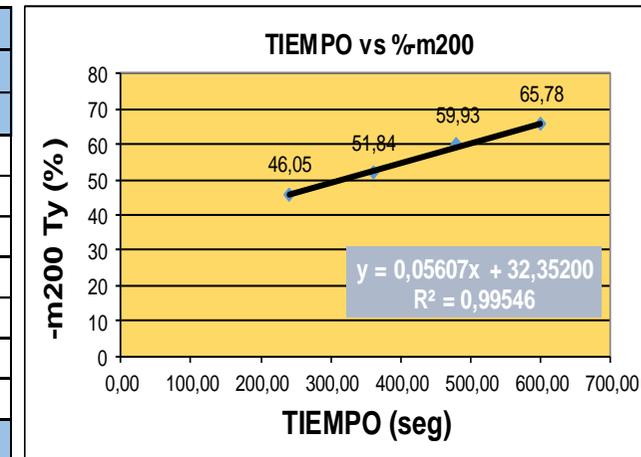
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2 Pruebas de Moliendabilidad.

MALLA	Micrones	TIEMPO 1					TIEMPO 2				
		4 Minutos					6 Minutos				
		(g)	(%)	Ac(+)	Ac(-)	P80	(g)	(%)	Ac(+)	Ac(-)	P80
45	354		0	0	100		0	0	100		
50	300		0	0	100		0	0	100		
70	212	205,5	20,55	20,55	79,45	214	105,6	10,56	10,56	89,44	159
100	150	127,7	12,77	33,32	66,68		124,4	12,44	23	77	
140	106	117,9	11,79	45,11	54,89		143,6	14,36	37,36	62,64	
200	75	88,4	8,84	53,95	46,05		108	10,8	48,16	51,84	
-200	-75	460,5	46,05	100	0		518,4	51,84	100	0	
<b>total</b>		<b>1000</b>	<b>100</b>			<b>214</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>			<b>159</b>



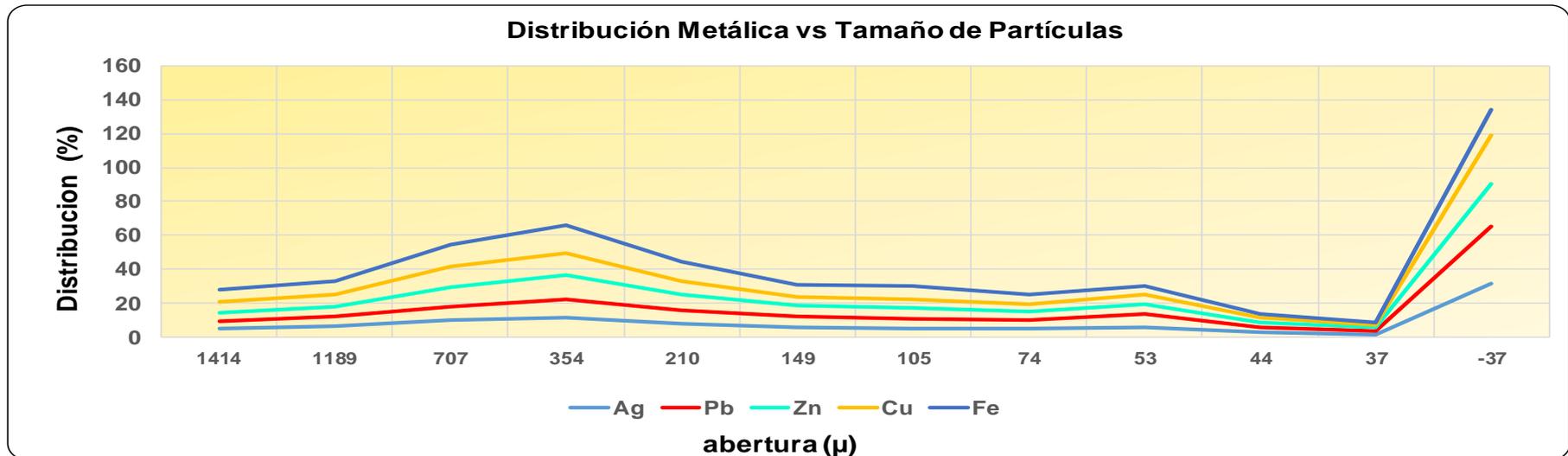
MALLA	Micrones	TIEMPO 3					TIEMPO 4				
		8 Minutos					10 Minutos				
		(g)	(%)	Ac(+)	Ac(-)	P80	(g)	(%)	Ac(+)	Ac(-)	P80
45	354		0	0	100		0	0	100		
50	300		0	0	100		0	0	100		
70	212	36,6	3,66	3,66	96,34	128	15,8	1,58	1,58	98,42	111
100	150	93,5	9,35	13,01	86,99		62,1	6,21	7,79	92,21	
140	106	146,7	14,67	27,68	72,32		138,4	13,84	21,63	78,37	
200	75	123,9	12,39	40,07	59,93		125,9	12,59	34,22	65,78	
-200	-75	599,3	59,93	100	0		657,8	65,78	100	0	
<b>total</b>		<b>1000</b>	<b>100</b>			<b>128</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>			<b>111</b>



Fuente: Elaboración propia

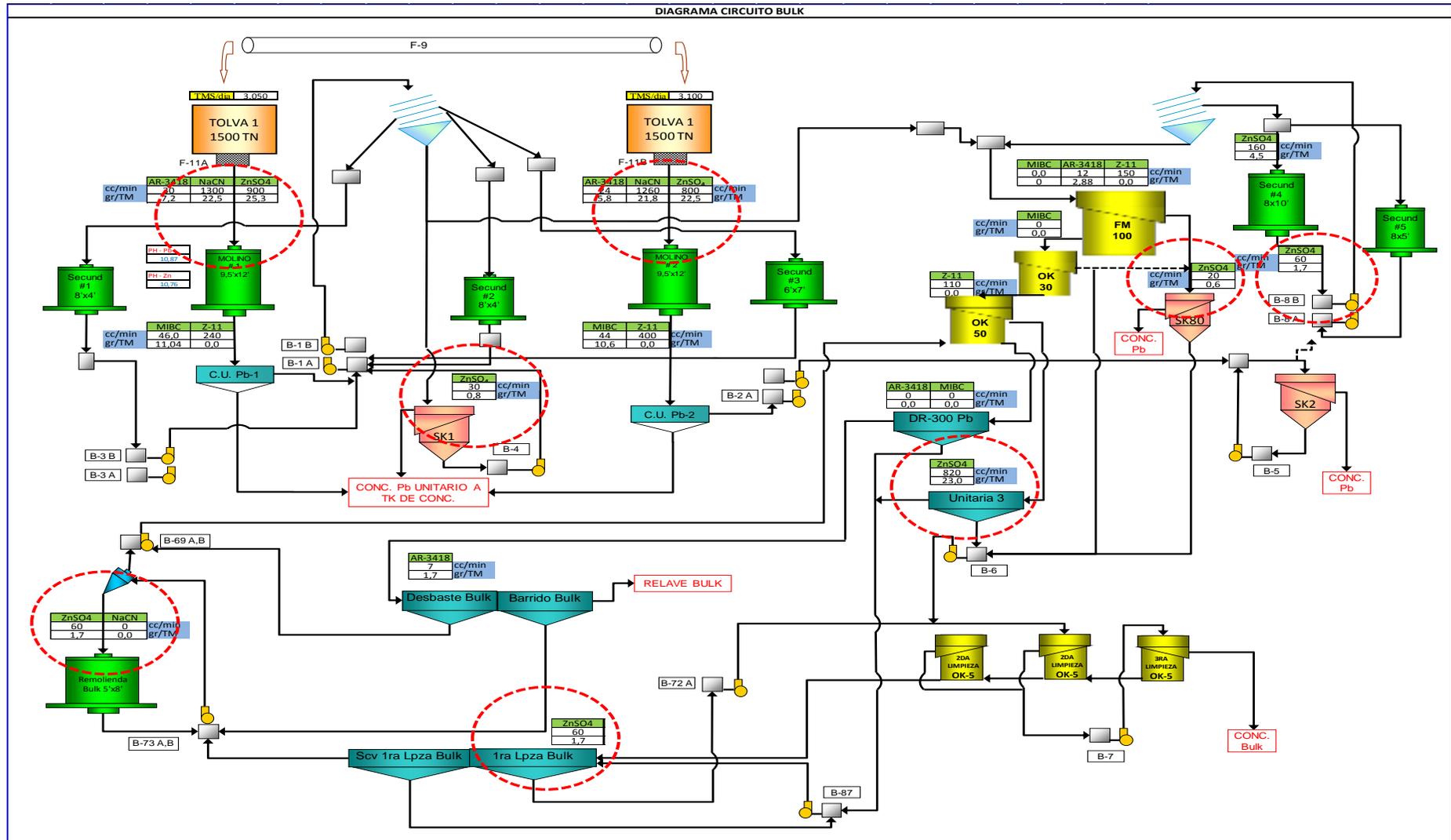
Anexo 3 Malla Valorada Composito Trimestral.

MALLA	Abertura	%PESO	Ac(+)	Ac(-)	LEYES							DISTRIBUCION							
					Ag Oz/TM	Pb %	Zn %	Cu %	Fe%	Bi	Mn	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Bi	Mn	
10	2000	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1414	8,28	8,28	91,72	0,96	0,76	1,95	0,17	11,45	0,01	0,34	4,80	4,73	4,82	6,69	9,25	5,86	9,02	
16	1189	8,05	16,33	83,67	1,27	0,78	2,52	0,19	11,07	0,01	0,33	6,20	4,72	6,05	7,49	8,69	5,17	8,39	
25	707	13,58	29,91	70,09	1,34	0,80	2,54	0,19	10,77	0,01	0,34	10,99	8,17	10,27	12,84	14,27	11,35	14,58	
45	354	15,28	45,19	54,81	1,28	0,84	2,96	0,19	9,31	0,01	0,30	11,86	9,65	13,49	14,00	13,88	12,77	14,61	
70	210	9,30	54,49	45,51	1,31	0,98	3,20	0,19	10,03	0,01	0,28	7,34	6,85	8,88	8,75	9,10	7,77	8,36	
100	149	5,60	60,09	39,91	1,66	0,96	3,66	0,21	9,72	0,01	0,29	5,61	4,06	6,12	5,79	5,31	3,60	5,12	
140	105	5,93	66,02	33,98	1,72	1,35	3,88	0,19	10,96	0,01	0,26	6,17	6,02	6,86	5,64	6,34	3,81	4,86	
200	74	4,29	70,31	29,69	1,95	1,42	3,92	0,21	10,33	0,02	0,27	5,06	4,58	5,02	4,39	4,32	4,41	3,67	
270	53	4,23	74,54	25,46	2,19	1,56	4,68	0,24	9,98	0,02	0,29	5,60	4,95	5,91	4,97	4,12	5,71	3,91	
325	44	2,02	76,56	23,45	2,10	1,64	4,83	0,28	11,77	0,02	0,29	2,56	2,49	2,90	2,76	2,31	2,20	1,84	
400	37	1,31	77,87	22,14	2,97	2,20	4,62	0,27	10,44	0,02	0,29	2,35	2,17	1,81	1,73	1,33	1,77	1,21	
-400	-37	22,14	100,00	0,00	2,35	2,50	4,22	0,23	9,75	0,03	0,35	31,46	41,61	27,87	24,94	21,06	35,57	24,41	
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>			<b>1,65</b>	<b>1,33</b>	<b>3,35</b>	<b>0,20</b>	<b>10,25</b>	<b>0,00</b>	<b>0,31</b>	<b>100,00</b>							
	<b>Cabeza Ensayada</b>				1,65	1,33	3,35	0,20	10,26	0,01	0,32								



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 4 Diagrama Circuito de Dosificación de Reactivo en la Planta Concentradora.



Fuente: Elaboración propia.

*Anexo 5 Localización de Cerro de Pasco a El Porvenir*



Fuente: Google Maps

*Anexo 6 Ubicación Nexa Resources Unidad Mineral El Porvenir.*



Fuente: Elaboración Propia.

*Anexo 7 Vista Unidad Minera El porvenir y Laboratorio Metalúrgico*



Fuente: Elaboración Propia.

*Anexo 8 Espumas de Pruebas Experimentales de Flotación*



**CONCENTRADO PLOMO**



**CONCENTRADO ZINC**

Fuente: Elaboración propia.

*Anexo 9 Realización de Pruebas Experimentales en el Laboratorio Metalúrgico.*



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10 Diagrama de Pruebas Experimentales nivel laboratorio El Porvenir



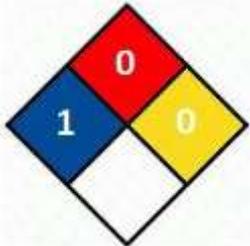
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11 Diagrama de Fases Planta Concentradora El Porvenir



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12 Hoja de seguridad MSDS Depresor Biodegradable RA-058

 Reactivos, Espumantes y Colectores	<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
	<b>DEPRESANTE BIODEGRADABLE RA-058</b>	
Versión: 02		

SECCIÓN I.- IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA		
Nombre Comercial	DEPRESANTE BIODEGRADABLE RA-058	
Nombre Químico	EMULSIÓN	
Datos del Fabricante	Reactivos, Espumantes y Colectores S.A.	
Teléfonos para emergencias	(51.1) 2598858    (51.1) 4930176	
SECCIÓN II.- COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES		
COMPONENTES PELIGROSOS	NO. CAS	% PESO
HIDROXIDO DE POTASIO	1310-58-3	2%<
SECCIÓN III.- IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Puede causar irritación moderada y sensación de ardor.	
INHALACIÓN:	No desprende vapores, no se espera peligro para la salud.	
INGESTIÓN:	Muy grandes dosis pueden causar irritación moderada en la boca, garganta y tracto gastrointestinal.	
CONTACTO CON LA PIEL:	No se esperan efectos adversos.	
SECCIÓN IV.- MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Lavar inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua. Levantar los párpados superiores e inferiores, hasta que no queden restos de material (15 – 20 minutos). Busque atención médica inmediata.	
CONTACTO CON LA PIEL:	Retirar la ropa y zapatos contaminados. Lave el área afectada con jabón o detergente suave y grandes cantidades de agua hasta limpiar los restos	

	materiales.
INHALACIÓN:	Respirar aire fresco. Si no hay respiración, esta es irregular u ocurre un paro respiratorio, debe proporcionarse respiración artificial u oxígeno por personal capacitado. Aflojar las ropas apretadas tales como collares, corbatas, cinturones o cintos. Busque atención médica inmediata.
INGESTIÓN:	Lavar la boca con agua. No induzca al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Busque atención médica inmediata.
<b>SECCIÓN V.- MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO</b>	
MEDIOS DE EXTINCIÓN:	Agua pulverizada, espuma, CO <sub>2</sub> o polvo químico seco.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA COMBATIR EL FUEGO	Use equipo de protección autónoma y ropa protectora.
CONSIDERACIONES ESPECIALES:	El rocío de agua puede ser usado para enfriar los contenedores expuestos o para descargar el material lejos de las llamas.
<b>SECCIÓN VI. - MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME O FUGA ACCIDENTAL</b>	
PRECAUCIONES:	No se debe tomar ninguna acción que conlleve algún riesgo personal. Evite que personal innecesario y/o sin protección ingrese al lugar del derrame. Use el equipo de protección personal adecuado (vea sección 8).
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:	Equipo de respiración individual: protectores oculares de seguridad herméticas para productos químicos, botas, guantes y delantal de PVC y protección respiratoria adecuada.
MÉTODO DE ELIMINACIÓN:	Elimine la fuga si es seguro hacerlo. Evitar que el producto llegue a coladeras, drenajes o corrientes de agua.
PRECAUCIONES DEL MEDIO AMBIENTE:	Evite que el producto penetre en los desagües pluviales, alcantarillas, arroyos u otros cuerpos de agua. Informe a las autoridades pertinentes si el producto ha entrado en esas zonas.
METODO DE LIMPIEZA:	Recoger con un producto absorbente inerte (arena, diatomita, ácido aglutinante, aglutinante universal, aserrín.)
<b>SECCIÓN VII. – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	

MANIPULACIÓN:	Use el equipo de protección adecuado (vea sección 8). Comer, beber y fumar debe ser prohibido en las zonas donde este material se manipula, almacena y se utiliza. Los trabajadores deben lavarse las manos y la cara antes de comer, beber o fumar. Quítese la ropa contaminada y el equipo de protección antes de ingerir alimentos. Conservar el producto en su envase original o alternativo aceptable. Etiquetar los envases que no sean originales. Mantenga los recipientes herméticamente cerrados cuando no estén en uso.
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:	Almacene en área frescas, secas y bien ventiladas. No almacene junto a combustibles. Aléjese de cualquier fuente de calor o flama y de los rayos directos del sol.
<b>SECCIÓN V III. – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO:	Disponer una adecuada ventilación y/o extracción en los lugares de trabajo.
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	Se deben utilizar respiradores aprobados con suministro de aire.
PROTECCIÓN DÉRMICA:	Los trabajadores deben usar guantes impermeables que manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario. Guantes desechables tipo vinilo son adecuados para este producto para evitar el contacto repetido o prolongado con la piel.
PROTECCIÓN OCULAR:	Equipo protector ocular que cumpla con las normas aprobadas debe ser usado cuando una evaluación del riesgo indique que es necesario evitar toda exposición a salpicaduras del líquido o lloviznas. Se recomienda usar anteojos de seguridad con protectores laterales, gafas protectoras o protectores para la cara, dependiendo del nivel de exposición prevista.
OTROS EQUIPOS:	Instalar estación de “LAVA OJOS PORTÁTIL” y “DUCHAS DE SEGURIDAD”.
<b>SECCIÓN IX. – PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</b>	
APARIENCIA:	Líquido negro.
OLOR:	Característico.
SOLUBILIDAD:	Completa
pH:	>8
DENSIDAD	1.10 – 1.20 g/mL
<b>SECCIÓN X. – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	

ESTABILIDAD:	Material estable de acuerdo al tiempo de vida indicado.
POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS:	No aplica.
CONDICIONES QUE DEBEN EVITARCE:	Nitratos, ácidos y oxidantes fuertes o altas temperaturas que generan su descomposición.
<b>SECCIÓN XI. – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b>	
NO TÓXICO	No tóxico
<b>SECCIÓN XII. – CONSIDERACIONES AMBIENTALES</b>	
BIODEGRADABILIDAD:	Biodegradable. Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no deben esperarse problemas ecológicos.
<b>SECCIÓN XIII. – CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN</b>	
La eliminación de este producto y sus envases debe realizarse cumpliendo las regulaciones locales.	
<b>SECCIÓN XIV. – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE</b>	
CLASE:	NO REGULADO
UN:	NO REGULADO
GRUPO DE EMBALAJE:	NO APLICABLE
<b>SECCIÓN XV. – REGULACIÓN DE USO</b>	
NFPA / HMIS	Salud 1, Inflamabilidad 0, Reactividad 0
<b>SECCIÓN XVI. – OTRA INFORMACIÓN</b>	
Los datos consignados en esta hoja informativa fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto a su exactitud o corrección. La información que se entrega es la conocida actualmente sobre la materia. Considerando que el uso de esta información y de los productos esta fuera de control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna para este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.	