

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Evaluación del reactivo Aerophine 3418 para reducir su consumo en la planta
concentradora de la empresa minera Nexa Resources – Unidad Minera El
Porvenir**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Metalurgista**

Autores:

Bach. Erica Karina LEON COSME

Bach. Sherly SOLIS ALARCON

Asesor:

Mg. Uldarico USURIAGA LOPEZ

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Evaluación del reactivo Aerophine 3418 para reducir su consumo en la planta
concentradora de la empresa minera Nexa Resources – Unidad Minera El
Porvenir**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCIA
PRESIDENTE

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
MIEMBRO

Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 321-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación del reactivo Aerophine 3418 para reducir su
consumo en la planta concentradora de la empresa minera
Nexa Resources – Unidad Minera El Porvenir**

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. Leon Cosme, Erica Karina.

Bach. Solís Alarcón, Sherly.

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Uldarico Usuriaga Lopez

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalúrgica

Índice de Similitud

16 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 18 de setiembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.09.2025 17:01:16 -05:00

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos por ser la razón fundamental de lo que somos, por su apoyo incondicional durante nuestra estadía universitaria. Todo este esfuerzo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por cobijarnos en sus aulas y brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente bajo su rigor científico, permitiéndonos consolidar nuestra vocación académica en su seno institucional.

Asimismo, expresamos nuestra más profunda gratitud a cada uno de los docentes de la escuela profesional, quienes con auténtica vocación, paciencia y generosidad compartieron sus conocimientos, guiaron nuestros pasos y nos impulsaron constantemente a seguir adelante en cada etapa de nuestra formación.

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en evaluar el reactivo AP-3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la Unidad Mineral El Porvenir de la Empresa Nexa Resources que está ubicada en el distrito de San Francisco de Yarusyacan de la provincia de Pasco, cuyo tipo de investigación es aplicada – experimental-correlacional, siendo el nivel de investigación explicativo con un diseño de investigación experimental.

El trabajo de investigación llevada a cabo es reducir el consumo del reactivo AP-3418 sin variar la calidad y recuperación del concentrado para ello se ha realizado pruebas de flotación utilizando el reactivo en estudio AP-3418 y el Z – 11. Estos reactivos fueron seleccionados en base a su capacidad para promover la flotación de la galena.

En las pruebas se evaluaron criterios como la recuperación, la calidad del concentrado de plomo variando el consumo de reactivo para ir reduciendo. Los resultados obtenidos se inician teniendo un reactivo colector AP-3418 con una dosificación del reactivo 9 g/t teniendo como ley de Pb 46,98 y una distribución 84,47%. Con una dosificación del reactivo AP-3418 a 6 g/t, se tiene una ley de Pb 41,03 y una distribución 88,94%.

La dosificación del reactivo AP – 3418 si influye en la calidad y recuperación del plomo que se flota en bulk con la plata y el cobre, para luego flotar el zinc.

Palabra clave: Flotación, AEROPHINE AR-3418, recuperación de plomo.

ABSTRACT

This study focuses on evaluating reagent AP-3418 to reduce its consumption at the concentration plant of the El Porvenir Mineral Unit of Nexa Resources, located in the San Francisco de Yarusyacan district of the Pasco province. The research is applied-experimental-correlational, with an explanatory research design.

The research conducted aims to reduce the consumption of reagent AP-3418 without affecting the quality and recovery of the concentrate. To this end, flotation tests were conducted using the reagents AP-3418 and Z-11. These reagents were selected based on their ability to promote galena flotation.

The tests evaluated criteria such as recovery and lead concentrate quality by varying reagent consumption to reduce the consumption. The results obtained begin with the AP-3418 collector reagent, with a reagent dosage of 9 g/t, a Pb grade of 46.98 and a distribution of 84.47%. With an AP-3418 reagent dosage of 6 g/t, the Pb grade is 41.03 and the distribution is 88.94%.

The dosage of the AP-3418 reagent does influence the quality and recovery of the lead that is floated in bulk with the silver and copper, and then the zinc is floated.

Keywords: Flotation, AEROPHINE AR-3418, lead recovery.

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se ha desarrollado en el laboratorio químico metalúrgico de la Unidad Mineral El Porvenir, con la finalidad de evaluar el reactivo AP – 3418, con la finalidad de reducir su consumo sin variar la calidad y recuperación del plomo y con ello no variar la recuperación en la flotación bulk.

El proceso de flotación que se lleva a cabo en la Unidad Minera El Porvenir, es más exigente en la cuidar la calidad y recuperación de los minerales de valor económico, es por ello que se realiza los trabajos de investigación en diferentes áreas de la planta, cuya finalidad es reducir el costo de producción para ello es necesario llevar a cabo investigaciones técnicas.

Uno de los principales desafíos identificados en la planta es el elevado consumo del reactivo AP-3418, utilizado en la etapa de flotación. A pesar de los esfuerzos realizados para disminuir su consumo, este sigue representando una proporción significativa de los costos totales de operación, lo que impacta negativamente en la rentabilidad del proceso, motivo del presente estudio.

La investigación se desarrolló del siguiente modo:

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema donde se ha considerado la descripción del problema, formulación del problema, formulación de los objetivos, justificación, limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, donde se ha considerado los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN, se da a conocer las pautas a seguir para la obtención y tratamiento de datos descriptivos seguidos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS y DISCUSIÓN, se presenta en tablas y gráficos los resultados de las pruebas metalúrgicas, para luego contrastar con las investigaciones realizadas por diversos investigadores.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURA

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general:	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación del problema.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.2. Bases teóricas - científicas.....	9
2.3. Definición de términos básicos	14

2.4. Formulación de hipótesis.....	16
2.4.1. Hipótesis general.....	16
2.4.2. Hipótesis específicas.....	16
2.5. Identificación de variables.....	16
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.	17

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICA DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación	18
3.2. Nivel de investigación	18
3.3. Métodos de la investigación	18
3.4. Diseño de Investigación	19
3.5. Población y Muestra	19
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	21
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	21
3.9. Tratamientos estadísticos.....	21
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	21

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	22
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	24
4.3. Prueba de hipótesis	49
4.4. Discusión de resultados	50

CONCLUSION

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Inventario de Reservas y Recursos	20
Tabla 2: Prueba de moliendabilidad en el intervalo de 5 min.....	26
Tabla 3: Tiempo optimo del 50% a malla #200.....	26
Tabla 4: Análisis Químico de la ley de cabeza para Flotación	27
Tabla 5: Diseño 2k con sus niveles de cada factor	27
Tabla 6: Diseño de las pruebas experimentales	27
Tabla 7: Ensayes del concentrado de Plomo.....	28
Tabla 8: Dosificación de reactivos.....	29
Tabla 9: Resultado metalúrgicos.....	30
Tabla 10: Resultado metalúrgicos.....	31
Tabla 11: Dosificación de reactivos.....	32
Tabla 12: Resultado metalúrgicos.....	33
Tabla 13: Resultado metalúrgicos.....	34
Tabla 14: Resultado metalúrgicos.....	34
Tabla 15: Dosificación de reactivos.....	35
Tabla 16: Resultado metalúrgicos.....	36
Tabla 17: Resultado metalúrgicos.....	37
Tabla 18: Resultado metalúrgicos.....	37
Tabla 19: Dosificación de reactivos.....	38
Tabla 20: Resultado metalúrgicos.....	39
Tabla 21: Resultado metalúrgicos.....	40
Tabla 22: Balance metalúrgico	40
Tabla 23: Dosificación de reactivos.....	41

Tabla 24: Resultado metalúrgicos.....	42
Tabla 25: Balance metalúrgico	43
Tabla 26: Balance metalúrgico	43
Tabla 27: Ensayos de concentrados de Plomo	44
Tabla 28: Diseño de las pruebas experimentales	45
Tabla 29: Efectos estimados para Recuperación de Pb	45
Tabla 30: Análisis de Varianza para Recuperación de Pb	47
Tabla 31: Coeficiente de regresión para recuperación Pb	47
Tabla 32: Optimizar Respuesta.....	48
Tabla 33: Análisis de varianza.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reactivos	14
Figura 2: Análisis granulométrico de molienda a 5 minutos	24
Figura 3: Análisis granulométrico de molienda a 10 minutos	25
Figura 4: Análisis granulométrico de molienda a 15 minutos	25
Figura 5: Análisis Granulométrico mineral de El Porvenir	26
Figura 6: Moliendabilidad mineral El Porvenir	26
Figura 7: Efectos principales	46
Figura 8: Interacciones de los factores principales	46
Figura 9: Contorno de la superficie respuesta.....	48
Figura 10: Superficie respuesta.....	49
Figura 11: Distribución	50

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La Empresa Minera Nexa Resources – Unidad Minera El Porvenir desde el inicio de sus operaciones hasta la actualidad viene realizando la explotación de minerales polimetálicos cuyos metales primordiales son de Au, Pb, Ag y Zn donde se encontró que en la flotación de los sulfuros antes mencionados para la obtención del concentrado de Pb-Ag en la limpieza se consume gran cantidad del reactivo AP-3418, en la flotación de la limpieza llamada también flotación selectiva de Pb-Ag, con contenidos de oro, lo cual incide en el incremento del consumo del colector AP-3418, repercutiendo en los costos de producción en la recuperación del concentrado de Pb-Ag.

En los procesos de flotación selectiva utilizados en la concentración de minerales, los colectores juegan un papel fundamental en la recuperación de especies valiosas. El reactivo **Aerophine 3418A**, es un colector selectivo para sulfuros complejos de metales como plomo, cobre y zinc, ha demostrado ser eficiente en diversas operaciones metalúrgicas. Sin embargo, su uso representa un costo

significativo dentro de la operación global del proceso, debido a su precio elevado y a la dosificación requerida para lograr recuperaciones óptimas.

En la planta concentradora El Porvenir se emplea actualmente este reactivo, se ha observado que, si bien Aerophine 3418A permite alcanzar altos niveles de recuperación y buena selectividad, su consumo ha permanecido constante o incluso ha incrementado en algunos casos, sin un análisis detallado que justifique si estas dosificaciones son realmente necesarias o si podrían optimizarse sin comprometer la eficiencia del proceso.

Este escenario plantea una interrogante clave: ¿es posible reducir el consumo de Aerophine 3418A sin afectar negativamente los niveles de recuperación y calidad del concentrado? La falta de una evaluación sistemática sobre la dosificación óptima del reactivo limita la posibilidad de mejorar la eficiencia económica del proceso y de adoptar prácticas operacionales más sostenibles.

Por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo una evaluación técnica del desempeño del Aerophine 3418A, con énfasis en determinar el punto óptimo de dosificación, evaluando sus efectos sobre parámetros críticos como la recuperación, la ley del concentrado y la selectividad, con el fin de reducir el consumo del reactivo y, en consecuencia, los costos operacionales sin sacrificar el rendimiento metalúrgico.

1.2. Delimitación de la investigación

El trabajo de investigación se ha llevado a cabo en el laboratorio químico metalúrgico de la planta concentradora de El Porvenir de Nexa Resources. La evaluación se desarrolló en condiciones operativas reales de la planta, y consistió en la ejecución de pruebas metalúrgicas controladas a nivel Bach (laboratorio), variando progresivamente las dosis de AP-3418, para determinar el punto óptimo de aplicación

que mantenga los niveles de recuperación y ley del concentrado dentro de los rangos operativos aceptables.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general:

¿De qué manera influye la evaluación del reactivo AP - 3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, Unidad minera El Porvenir?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo influye la reducción del reactivo AP - 3418 en la calidad de concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, unidad minera El Porvenir?
2. ¿Cómo influye las diferentes dosificaciones del reactivo Aerophine 3418 sobre la recuperación metalúrgica y la ley del concentrado?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el reactivo AP - 3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, Unidad minera El Porvenir.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la reducción del consumo del reactivo AP - 3418, en la calidad de concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, unidad minera El Porvenir.
2. Determinar la influencia de diferentes dosificaciones del reactivo Aerophine 3418 sobre la recuperación metalúrgica y la ley del concentrado.

1.5. Justificación del problema

El Aerophine 3418 es un reactivo colector especializado utilizado en la flotación de minerales como sulfuros de plomo, cobre y otros minerales no ferrosos. Su capacidad para mejorar la selectividad y la recuperación lo convierte en una herramienta clave en el procesamiento de minerales. No obstante, su alto costo y el impacto ambiental potencial asociado a su uso excesivo representan desafíos importantes en la operación minera.

Optimizar la dosificación del Aerophine 3418 no solo puede traducirse en una reducción significativa de los costos operativos, sino también en una mejora en la sostenibilidad del proceso. Disminuir el consumo de este reactivo sin afectar negativamente la recuperación ni la ley del concentrado permitirá implementar un modelo de producción más eficiente y responsable. Esta investigación contribuirá a generar conocimiento técnico aplicable en plantas de flotación que empleen Aerophine 3418, favoreciendo el diseño de estrategias de control

El desarrollo del presente proyecto influirá significativamente en la utilidad, ya que este reactivo tiene un alto costo en el mercado internacional. También es conveniente el menor consumo de este reactivo en la preservación del medio ambiente, debido a que permitirá obtener concentrados de mejor calidad y relaves más limpios, esto implica menor daño al medio ambiente (agua, suelo y aire).

1.6. Limitaciones de la investigación

En cuanto a bibliografía no se cuenta con información específica debido a que esta investigación se ha realizado por primera vez en esta empresa, más que nada empleando el reactivo colector AP - 3418.

También se ha tenido limitaciones económicas, teniendo en cuenta que en el desarrollo del proyecto no se ha tenido apoyo financiero de ninguna entidad, es decir ha sido cubierto en su totalidad por los tesistas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Ayllón Meresi, Daniel Enrique (2013). Afirma que, el presente trabajo de investigación OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN BULK PLOMO-PLATA.

La etapa de flotación es el proceso más importante en una planta concentradora, y uno de los retos más grandes en todas las industrias mineras, es optimizar ésta para así lograr aumentar el valor de la recuperación de sus metales preciosos, ya que el aumento mínimo de este valor generará un incremento en las utilidades de la empresa. Mediante muestreos metalúrgicos se demostró que teníamos algunas falencias en nuestro circuito de flotación, por ende, se tomó la decisión de empezar a evaluar diferentes parámetros, uno de estos fue el impacto de la granulometría en la flotación. Se realizaron pruebas variando el tamaño de partícula y se obtuvo que la granulometría óptima es a 75% -200m (75micrones), también se evaluó la influencia de los reactivos, para esto se realizó un diseño experimental (selección de variable). Con estas pruebas se demostró que el Xantato Isobutílico de Sodio (Z-14) y el Aerophine 3418, tienen

gran significancia en la recuperación de plata y ésta aumenta cuando se trabaja con los dos en simultáneo, éstos fueron los primeros pasos que se dieron para mejorar nuestro proceso. Al conocer la importancia de éstos dos colectores pudimos tomar data de varios meses de trabajo, y realizar una curva para ver el efecto de estas variables versus la recuperación, por medio de esta gráfica se calculó el valor del parámetro óptimo que nos permite lograr una recuperación dentro de los rangos establecidos, en el caso del Aerophine 3418 el rango fue 34 a 36g/ton y en el caso del Xantato fue de 24 a 26g/ton, y el último paso fue dividir el flujo del concentrado de un banco en dos partes y llevarlos a bancos diferentes, lo que nos permitió minimizar la recirculación de flujos. Con todos estos trabajos se logró aumentar la recuperación de plata en tres puntos porcentuales (3%), lo que constituyó un importante incremento en las utilidades de la Empresa“[...].

Alvarado, C. (2016). Afirma que, el presente trabajo de investigación fue elaborado en la COMPAÑIA MINERA OCCIDENTAL 2 DE CAJAMARCA S.R.L.

Se estudió la influencia y performance de la dosificación de los colectores AR-3418 y AR-404 en la recuperación de concentrados plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico, de la veta murciélago nivel 2 de la compañía Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L. El presente estudio experimental se realizó a nivel laboratorio, modelo Denver D-12, usando mineral con grado de liberación 60% -200 mallas con ley de cabeza de 4,48% de plomo y 14,82% de Zinc. El resultado del estudio metalúrgico de la flotación demostró que, la recuperación de plomo sin uso de colectores es de 32,29 % y con la dosificación de los dos colectores (reactivos), la recuperación es de 50,29 %. Para la recuperación de zinc sin uso de colectores es de 49,38 % y con la dosificación de los dos colectores la recuperación es de 56,50%. Los resultados obtenidos son afirmados mediante análisis de varianza con un nivel de confianza de 95% y significancia de 5%. Se concluye que la recuperación de plomo

por la influencia del colector AR-3418 es de $F_0 = 179,59$ es mayor a que el $F_{0,05; 2; 18} = 3,55$; y la influencia del colector AR-404 es de $F_0 = 622,69$ es mayor de que el $F_{0,05; 2; 18} = 3,55$ y con la influencia y performance de los colectores AR-3418 y AR-404 es de $F_0 = 70,87$ es mayor al $F_{0,05; 4; 18} = 2,93$; obtenido de manera tabular y continuo. Confirmando y aceptando la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de plomo mostrando un buen performance [...].

Quispe Ponce, José Antonio (2021). Afirma que, el presente trabajo de investigación fue elaborado en la empresa NEXA RESOURCES PERÚ S.A.A. Unidad Minera El Porvenir – Pasco.

Los principales minerales de recuperación por la unidad minera “El Porvenir”, Nexa Resources Perú S.A.A., es el zinc, plomo, cobre. Actualmente en la Unidad Minera “El Porvenir”, Nexa Resources Perú S.A.A. empresa Nexa Resources, viene usando el colector AEROPHINE AR-3418, en las celdas de flotación Bulk, recuperando el plomo en cantidades bajos en cuanto a calidad y % de recuperación. El mineral galeno (PbS), para el plomo, que se ha estudiado presenta dificultad durante la flotación diferencial, la calidad y la eficiencia de separación del concentrado esto pueden ser mejorado con la optimización de las celdas unitarias en la flotación con el manejo de reactivos. Así mismo se presenta los conceptos teóricos de la flotación, se realizó el análisis para determinar la composición de la muestra, análisis de flotación Bulk, así mismo la comparación de los resultados para ver los valores de recuperación y determinar el buen procedimiento dentro del circuito bulk [...].

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Aerophine 3418

Colector polimetálico excepcional por su excelente rendimiento en el procesamiento de minerales de sulfuros complejos, polimetálicos y masivos, se utiliza para la flotación de minerales de plata y oro, y es conocido por su alta selectividad.

Usos específicos:

- **Recuperación de cobre y zinc:**

El Aerophine 3418 es un colector efectivo para la flotación de minerales de cobre y zinc, especialmente en presencia de sulfuros de hierro y zinc.

- **Recuperación de metales preciosos:**

Se utiliza para la flotación de minerales de plata y oro, y es reconocido por su capacidad para aumentar la recuperación de estos metales.

- **Minerales polimetálicos:**

El Aerophine 3418 es efectivo en la flotación de minerales polimetálicos, donde la selectividad es crucial.

- **Selectividad contra hierro y arsénico:**

Es especialmente efectivo en la separación de minerales de cobre y zinc de la pirita (hierro) y arsenopirita (arsénico).

- **Flotación en pH neutro o ligeramente alcalino:**

Los circuitos de flotación donde se utiliza el Aerophine 3418 suelen operar en un pH neutro o ligeramente alcalino.

Beneficios:

- **Alta selectividad:**

El Aerophine 3418 es conocido por su alta selectividad, lo que permite la recuperación de los minerales deseados sin afectar los minerales no deseados.

- **Eficiencia:**

Se utiliza a bajas dosis para lograr una alta eficiencia en la flotación.

- **Seguridad:**

Es más seguro de manipular que otros colectores, como los xantatos, y no se descompone en subproductos o gases de escape.

- **Versatilidad:**

Se puede agregar en diferentes puntos del circuito de flotación y es compatible con una amplia gama de configuraciones.

2.2.2. Principios de la flotación

Bravo, A. (2004): afirma que, El proceso de flotación por espumas en los minerales es un proceso físico - químico de la concentración de minerales sulfurados en conminuciones finas producto de los molinos. El proceso de flotación de minerales comprende el tratamiento químico de la superficie del mineral contenido en la pulpa a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de partículas de minerales a las burbujas de aire (espumas). El objeto principal del proceso químico es la separación de especies minerales, divididos a partir de una pulpa acuosa, se aprovecha una de sus principales propiedades de adherencia (hidrofilico) o revote (hidrofóbico) por el agua. Los metales valiosas o útiles constituyen una parte menor del mineral en su conjunto, mientras que las especies no valiosas o estériles forman la mayor parte El carácter hidrofilico o de afinidad a las burbujas hace que estas partículas se mojen, permanezcan en suspensión en la pulpa denominadas (espumas de concentrado), para finalmente hundirse. El carácter hidrofóbico o de repulsión impide el mojado de las partículas de minerales que pueden unirse a las burbujas y ascender Estas propiedades de algunos minerales tienen en forma natural (hidrofóbicas), pero pueden darse o asentarse mediante los reactivos de flotación (uso de depresores).

2.2.3. Mineralogía y el esquema de flotación de Plomo

El proceso de separación de Cobre-Plomo-Zinc (Cu-Pb-Zn) está entre las separaciones por flotación más retadoras, sobre todo porque la primera etapa implica flotación a granel de los dos minerales más fácilmente flotables, con estos dos minerales separados en una etapa de flotación diferencial. En este caso, como regla general porque tanto el cobre como el plomo tienden a flotar bien, éstos son generalmente el objetivo de los minerales de flotación a granel. Por lo tanto, la práctica estándar de flotación de Cobre-Plomo-Zinc (Cu-Pb-Zn) involucra una flotación inicial de un concentrado de Cobre-Plomo (Cu-Pb) a granel seguido de dos etapas en circuito paralelo de separación de cobre-plomo y una flotación de zinc separada de los deshechos de flotación a granel. Como se describe en la sección de proceso de minerales de Plomo-Zinc, como sulfato de zinc, y metabisulfuro esfalerita y depresores de pirita, respectivamente, son agregados típicamente al molino. Entonces un concentrado a granel de cobreplomo (Cu-Pb) es recuperado con xantato, ditiofosfato y mezclas de reactivos de flotación. En la selección del colector en la etapa de flotación a granel se debe tener en cuenta el impacto en las siguientes etapas de separación de cobre-plomo (Cu-Pb) donde un colector más fuerte puede no ser bien tolerado. En general el mineral de plomo, típicamente galena, flota fácilmente y una selección óptima del colector para cobre va a proporcionar buena recuperación de plomo. En algunos casos, maximizar la recuperación de cobre a granel puede requerir el uso de colectores de tiocarbamato y tionocarbamato en conjunto con químicas en flotación a granel de diofosfato y xantato. El zinc que fluye hacia los deshechos de flotación a granel alimenta el circuito de zinc que es operado como se describe en la sección de flotación de plomo-zinc. (Manzaneda Cabala, J. (2010). pag 62).

Qué esquema de flotación se utilice en la separación diferencial de cobre-plomo concentrado a granel generalmente y a menudo depende de qué mineral tiene la mayor masa en el concentrado a granel. El mineral que constituya la menor masa en el concentrado a granel se alejará flotando del otro mineral el cual es deprimido por razones selectivas de flotación. Otros factores relacionados a las características específicas de proceso del mineral de cobre y plomo deben considerarse al decidir cuál mineral de cobre o plomo flotará uno del otro, por ejemplo, la cinética de la flotación relativa del mineral. El siguiente paso de la separación de Cobre-Plomo (Cu-Pb) por flotación se lleva a cabo generalmente sin tener en cuenta el pH alcalino. En la mayoría de los casos se usa cal como un depresor de pirita pero algunas operaciones prefieren ceniza de sosa porque la cal tiende a deprimir metales preciosos. Como se especifica en la descripción del proceso de plomo-zinc, en algunos casos la depresión de sulfuro de hierro enriquecido puede mejorarse por oxigenación antes del paso de flotación diferencial de Cobre-Plomo (Cu-Pb). (Manzaneda Cabala, J. (2010). pag 64).

Más a menudo los minerales de cobre se flotan después de la depresión de la galena. La galena se deprime usando dicromato de sodio, sulfito de sodio, polisacárido (almidón, dextrina) o incluso CMC. La tasa de adición de estos depresores puede ser crítica si cualquier carga de recirculación se regresa al circuito de granulado grueso a granel. Este paso de flotación se lleva a cabo en un pH alcalino. En el caso en que la galena es flotada y los minerales de cobre son deprimidos, se puede alcanzar la depresión de cobre mediante el uso de sulfuro de sodio, hidrosulfito, cal, cianuro, zinc-cianuro y/o complejos de ferricianuro. La selección de reactivos de flotación y espumantes es una consideración importante, incluso crítica. La mineralogía, las configuraciones de circuito y los objetivos de los pasos del proceso deben tomarse en cuenta cuando se seleccionen los reactivos de flotación. (Manzaneda Cabala, J. (2010).

pag 64).

2.2.4. Pruebas de laboratorio

Esta etapa de la investigación es considerada de gran importancia, porque su función es seleccionar el reactivo (depresor) en flotación de zinc que debe usar en la prueba a nivel de laboratorio, previamente es aconsejable hacer pruebas cerradas, para estar seguros de la bondad del reactivo elegido. (Castillo Migone, J. (2006). pag. 56)

Para iniciar las pruebas es conveniente establecer una prueba de referencia o patrón que sirva como medida de comparación, frente a las pruebas que se corran con los reactivos a evaluar, esta prueba de referencia es conocida como prueba estándar. Definida a nivel de laboratorio, es la que representa las condiciones de operación de una planta concentradora que está operando en condiciones normales. Esta prueba que es trabajada en condiciones similares a la planta concentradora nos servirá para comparar el rendimiento metalúrgico de cualquier reactivo u otra variable en estudio. (Castillo Migone, J. (2006). pag. 56)

En plantas donde no se tiene establecido el Standard, se diseñará esta prueba con los datos de operación de la planta teniendo en cuenta algunos aspectos como recirculación de productos intermedios que podrían exagerar el consumo de reactivos en pruebas batch. De este modo cualquier reactivo que supere el estándar debe ser tomado en cuenta hasta su confirmación industrial. (Azañero Ortiz, A. & Morales Valencia, M, 1999).

2.2.5. Evaluación de reactivos

El trabajo de investigación consiste en identificar los reactivos a ser evaluados, reactivo patrón cuyas características son conocidas, el mineral que nos servirá para nuestro experimento, determinando sus propiedades mineralógicas y químicas, las pruebas experimentales desarrolladas, condiciones de trabajo y resultados obtenidos,

enseguida se presenta los gráficos que nos ayudarán a una mejor comprensión del tema y finalmente los cálculos de eficiencia de separación e índice de selectividad que nos permitirá afirmar correctamente cual o cuales reactivos de flotación son de menor, igual o mejor calidad que el reactivo usado como referencia. (Azañero Ortiz, & Morales Valencia, M, 1999).

2.2.6. Tipos de reactivos

La clasificación moderna divide a los reactivos en función del papel que desarrollan en el proceso:

- **Colectores:** Proporcionan características hidrofóbicas a los minerales.
- **Modificadores:** Regulan las condiciones de funcionamiento de los colectores.
- **Espumantes:** Permiten la formación de una espuma estable.

Figura 1 Reactivos



Nota: <https://listado.mercadolibre.com.ec/colectores-y-espumantes-para-plantas-de-beneficio-oro>

2.3. Definición de términos básicos

- **Promotor Aerophine 3418:** es altamente selectivo contra el hierro y minerales arsénicos (tal como pirita y arsenopirita) y minerales no activos en zinc. Una práctica reciente en plantas benéficas mexicanas es usar este promotor para seleccionar minerales flotantes de plomo en la presencia de hierro, arsénico y

minerales no activos en zinc. Los circuitos de flotación operan con un PH neutro o ligeramente alcalino.

- **Flotación de sulfuros:** Es un proceso metalúrgico que separa minerales sulfurados, como los de plomo, de la ganga mediante la flotación por espuma. La hidrofobicidad natural de estos minerales les permite adherirse a burbujas de aire y ser arrastrados a la superficie, donde son recolectados.
- **Optimización:** Estrategia o técnica que consiste en la adaptación y mejora de diferentes procesos del día a día de una organización con el objetivo de aumentar la eficiencia, eliminar errores, ahorrar tiempo y reducir costes.
- **Flotar:** Proceso fisicoquímico de separación de minerales mediante la adición de reactivos (como el AP-3418) que permiten que ciertos minerales se adhieran a burbujas de aire y floten, mientras que la ganga (material no valioso) se hunde.
- **Dosificación del reactivo:** Cantidad de AP-3418 añadida por tonelada de mineral tratado. Reducir su dosificación sin perder eficiencia en la recuperación es un objetivo clave para optimizar costos.
- **Recuperación metalúrgica:** Porcentaje del mineral valioso recuperado en el concentrado después del proceso de flotación. Se utiliza para evaluar la eficiencia del reactivo. Si la recuperación se mantiene constante al reducir el AP-3418, su consumo puede optimizarse.
- **Grado del concentrado (ley del concentrado):** Contenido del mineral valioso en el producto recuperado (concentrado). Una alta ley indica buena selectividad del reactivo, es decir, que recogió preferentemente el mineral deseado.
- **Prueba batch (por lotes):** Ensayo experimental en laboratorio en el que se evalúa el rendimiento del reactivo en condiciones controladas y a pequeña escala. Se varía la dosificación del AP-3418 para observar su efecto sobre recuperación y ley.

- **Selectividad:** Capacidad del reactivo para flotar selectivamente el mineral valioso sin arrastrar demasiada ganga. Un reactivo con buena selectividad permite usar menos cantidad para obtener concentrados más limpios.
- **pH del sistema:** Nivel de acidez o alcalinidad del medio. Afecta el rendimiento del AP-3418. Determinar el pH óptimo puede ayudar a reducir su consumo sin afectar la recuperación.
- **Tiempo de flotación:** Duración de la etapa de flotación. El tiempo adecuado asegura la máxima recuperación con mínima dosificación del reactivo.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si evaluamos el reactivo AP - 3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, Unidad minera El Porvenir.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. Influye significativamente en la reducción del consumo del reactivo AP - 3418, en la calidad de concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, unidad minera El Porvenir.
2. Influye significativamente las diferentes dosificaciones del reactivo Aerophine 3418 sobre la recuperación metalúrgica y la ley del concentrado.
3. Si Comparamos la eficiencia metalúrgica del Aerophine 3418 en condiciones de dosificación convencional entonces podemos reducir el consumo de Aerophine 3418.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables independientes (X)

Evaluación del reactivo Aerophine 3418

2.5.2. Variables dependientes (Y)

Reducir su consumo en la planta concentradora

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

VARIABLES	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	INDICADOR
Independiente: Evaluación del reactivo Aerophine 3418	Determinación del consumo de reactivo colector	Pruebas experimentales	Kg/TM
Dependiente: Reducir su consumo en la planta concentradora	Reducción del consumo de reactivo colector	Pruebas experimentales	Kg/TM

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca en una investigación **aplicada – experimental - correlacional** a nivel de laboratorio y el mismo proceso; también se hizo uso de conocimientos científico – técnico basado en conocimiento teórico práctico de acuerdo al problema planteado y los objetivos del estudio. (Tantaleán Vanini, G. (2004). pag. 51)

Durante la investigación se hizo experimentos para evaluar el reactivo en estudio y su relación con la recuperación del concentrado.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es **explicativo**: porque se realizaron explicaciones del comportamiento de una variable en función de otras variables. (Tantaleán Vanini, G. (2004) pag. 51)

3.3. Métodos de la investigación

El método de investigación aplicada, por ser de naturaleza práctica, se ha utilizado los métodos de Experimentación, análisis y síntesis. Experimentación se

refiere a las pruebas empíricas realizadas con el fin de obtener datos y validar hipótesis, para esta investigación se utilizó el método experimental para obtener resultados cuantitativos y realizar análisis estadístico. (Tantaleán Vanini, G. (2004). pag. 51)

- **Análisis**, la información obtenida durante los experimentos se ha utilizado para interpretar los resultados y llegar a las conclusiones.
- **Síntesis**, la técnica utilizada permite realizar una explicación coherente y comprensible de los resultados obtenidos durante los experimentos.

3.4. Diseño de Investigación

El diseño empleado en esta investigación combina un enfoque **experimental con un enfoque de tipo acción (causa – efecto)**, lo que permite abordar directamente los problemas identificados en el proceso de flotación convencional y generar soluciones prácticas y aplicables en el circuito. (Tantaleán Vanini, G. (2004). pag. 51)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población para este trabajo de investigación está conformada por las toneladas de mineral que ingresa a la planta concentradora (6500 TMSD) procedentes de las reservas probadas, probables y recursos medidos de la empresa minera El Porvenir, Milpo – Nexa Resources S.A.C. A continuación, se presenta en la tabla.

Tabla 1 Inventario de Reservas y Recursos

UNIDAD MINERA EL PORVENIR			Fecha: 31-12-2024		
Inventario de Recursos y Reservas			Cut Off (NSR): 35,01 US\$/t		
Reservas	Toneladas	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (%)
Reservas Probadas	2 668 595	3,60	1,16	0,16	2,39
Reservas Probables	7 075 785	4,13	1,02	0,19	2,03
Total, Reservas	9 744 381	3,98	1,06	0,18	2,13
Recursos	Toneladas	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (%)
Recursos Medidos	5 637 099	5,31	0,89	0,28	1,85
Recursos Indicados	9 081 349	4,76	0,68	0,30	1,57
Sub Total Recursos (a)	14 718 447	4,97	0,76	0,30	1,68
Recursos inferidos (b)	16 509 935	4,73	0,90	0,29	2,06
Total, Recursos (a+b)	31 228 382	4,84	0,84	0,29	1,88
Total, Recursos y Reservas	40 972 762	4,64	0,89	0,27	1,94

Nota: Memoria Anual de Cía. Minera Milpo

3.5.2. Muestra

La muestra obtenida es por conveniencia determinando que cada 20 minutos durante 4 horas de trabajo se obtuvo una muestra representativa de 12 kilogramos, los cuales se prepara mediante el muestreo en el laboratorio de químico – metalúrgico para su tratamiento experimental. Según **Cárcamo (2003)** el Muestreo es Sistemático, debido a que este tipo de muestreo los incrementos son colectados a intervalos regulares, en términos de masa, tiempo o espacio definidos de antemano. Una de las primeras muestras debe sacarse al tiempo después del espacio propuesto.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

La observación. Mediante esta técnica se realizó observaciones del comportamiento metalúrgico de la flotación de los minerales frente a la dosificación de reactivo AP-3418.

La entrevista. Se realizó a los ingenieros que laboran en la planta concentradora y en el laboratorio metalúrgico, referente al reactivo AP-3418 que se ha evaluado. Fuentes primarias. Se obtuvo de los reportes de las leyes del concentrado, relave del laboratorio químico de la empresa en referencia.

Pruebas de flotación a nivel laboratorio

Se han utilizado tablas, registros, figuras, celdas de flotación, separador de jones, balanza y el equipo espectrofotómetro de absorción atómica que nos permitió realizar los ensayos tanto de la ley de cabeza concentrado y relave de las pruebas metalúrgicas.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se utilizaron equipos y reactivos de la empresa que son empleados en sus operaciones cotidianas brindando confianza y seguridad. Todos los datos obtenidos fueron analizados y fueron puestos en mejorar del proceso de planta.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.8.1 Técnicas de procesamiento de datos.

Se ha desarrollado en los softwares de cálculo de MINITAB y EXCEL tablas y análisis de datos.

3.8.2 Técnica de análisis de datos.

Los programas estadísticos permitieron la interpretación estadística y análisis a nivel laboratorio.

3.9. Tratamientos estadísticos.

Para el tratamiento estadístico de datos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus, donde se analizó los efectos de los factores, análisis de varianza, el coeficiente del modelo matemático y los niveles máximos de recuperación del zinc.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Los datos del estudio se recogieron de acuerdo con los valores éticos del investigador que dan fe a las pruebas realizadas. Además, las referencias del marco teórico, se editaron respetando la autoría de los investigadores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El presente trabajo de campo se ha llevado a cabo en el laboratorio químico metalúrgico de la planta concentradora de El Porvenir de Nexa Resources, donde ha planteado como objetivo principal evaluar el desempeño del reactivo colector AP-3418, en el proceso de flotación de minerales con miras a optimizar su dosificación y reducir su consumo sin comprometer la eficiencia metalúrgica del proceso.

La evaluación se desarrolló en condiciones operativas reales de la planta, y consistió en la ejecución de pruebas metalúrgicas controladas a nivel Bach (laboratorio), variando progresivamente las dosis de AP-3418, para determinar el punto óptimo de aplicación que mantenga los niveles de recuperación y ley del concentrado dentro de los rangos operativos aceptables. El trabajo ha incluido las siguientes etapas:

- Recolección de información operativa base: Se ha recopilado datos históricos de consumo del reactivo AP-3418, condiciones de operación, parámetros de flotación y resultados metalúrgicos previos, para establecer una línea base de comparación.

- Diseño de pruebas experimentales: Se establece rangos de dosificación del AP-3418 que permitan observar su influencia sobre la recuperación, ley de concentrado, distribución granulométrica y características del mineral tratado. Las pruebas se realizan manteniendo constantes otras variables críticas (pH, dosificación de espumantes, velocidad de agitación, tiempos de residencia, entre otros).
- Ejecución de pruebas en planta: Las pruebas se realiza en turnos de operación continua, bajo supervisión técnica. Se evalúan los resultados en condiciones de rutina y se recogen muestras de concentrado y relave para su análisis químico.
- Análisis de resultados: Se procesan los datos obtenidos en las pruebas para comparar el rendimiento metalúrgico bajo diferentes dosificaciones de AP-3418. Se evalúan indicadores como:
 - Recuperación de minerales valiosos
 - Ley de concentrado
 - Razón de enriquecimiento
 - Consumo específico de reactivo (g/t)
- Recomendaciones técnicas: A partir del análisis se propone recomendaciones para la dosificación óptima del AP-3418, apuntando a una reducción sostenible de su consumo, con impacto positivo en los costos operativos y la eficiencia del proceso.

Este trabajo forma parte de las iniciativas de mejora continua de Nexa Resources, alineadas con la eficiencia operacional, la sostenibilidad del uso de insumos químicos en la planta concentradora.

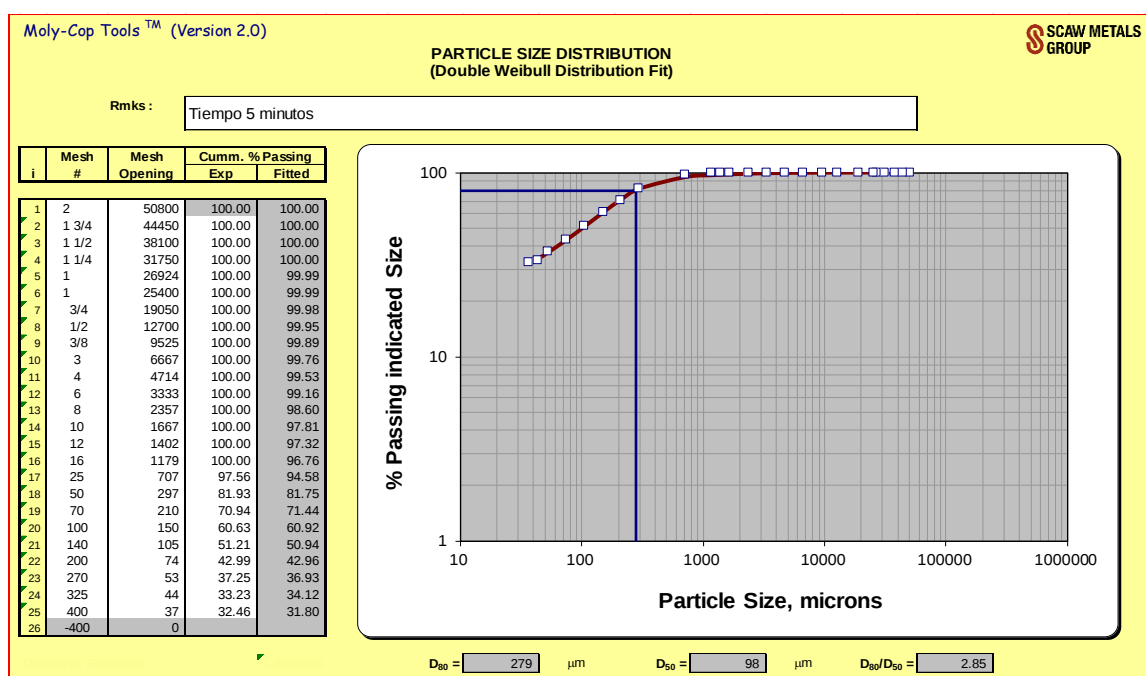
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

A continuación, presentamos los diferentes resultados de los ensayos, parámetros y pruebas metalúrgicas realizados al mineral de planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources – Unidad Minera El Porvenir.

• Análisis Granulométrico

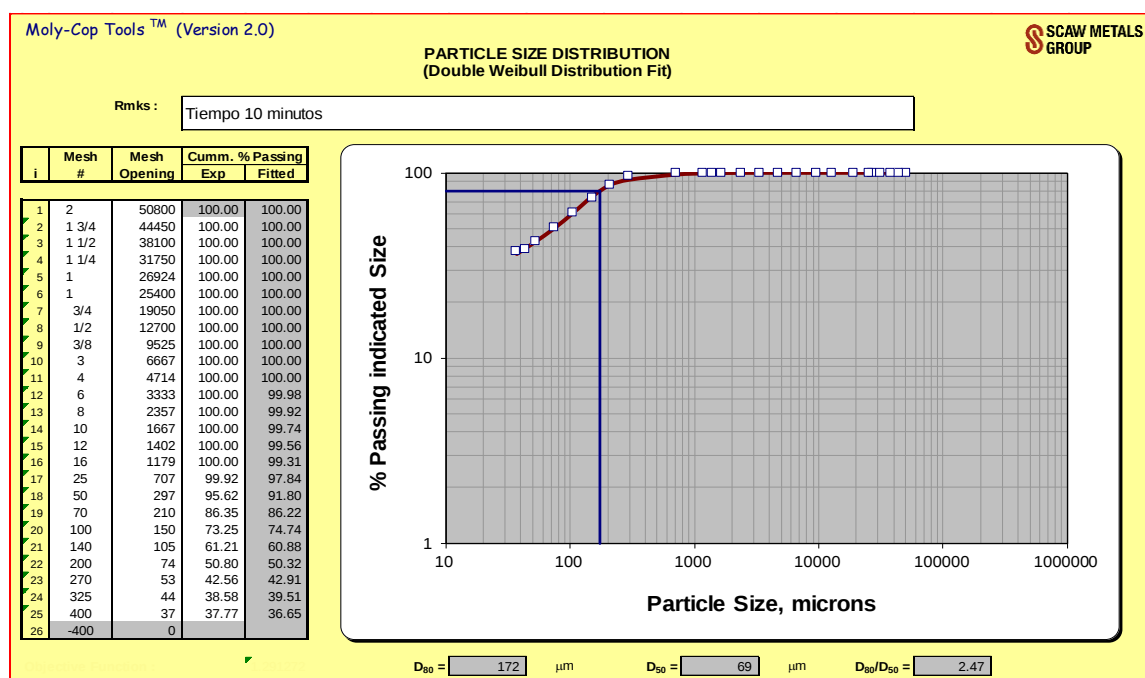
Se desarrollo pruebas de moliendabilidad en laboratorio (ANEXO 2) a diferentes tiempos de molienda el cual se observa en las siguientes tablas:

Figura 2 Análisis granulométrico de molienda a 5 minutos



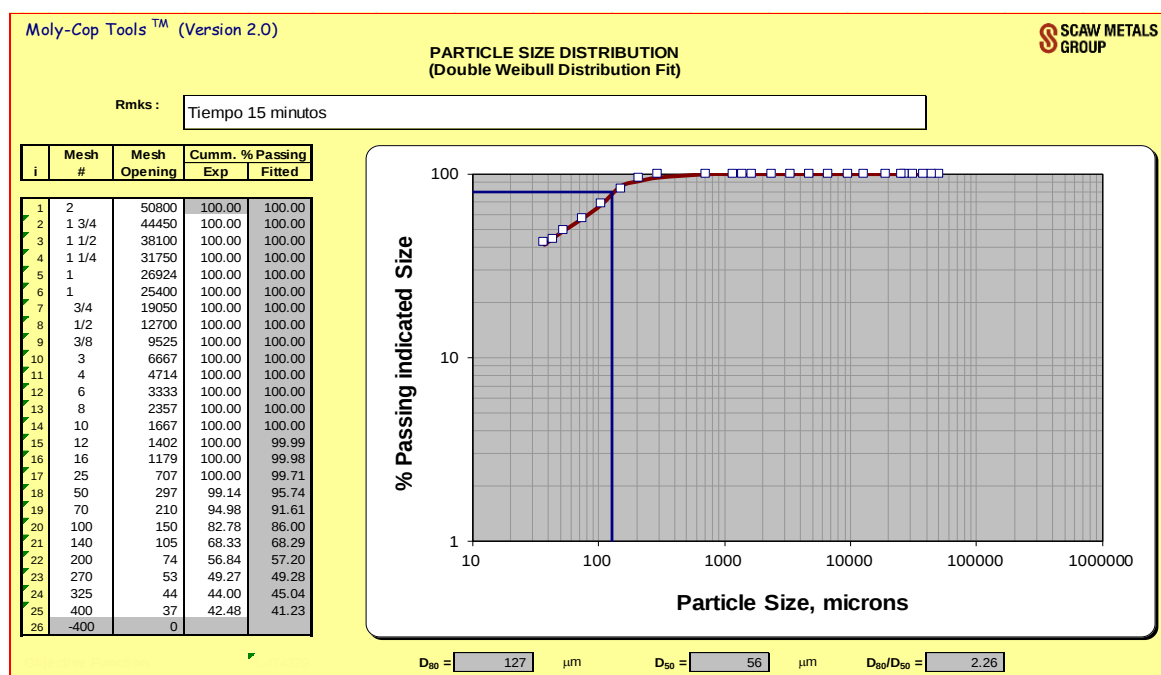
Nota: Con el software Molycop, se graficó el análisis granulométrico a 5 minutos.

Figura 3 Análisis granulométrico de molienda a 10 minutos



Nota. Con el software Molycop, se graficó el análisis granulométrico a 10 minutos.

Figura 4 Análisis granulométrico de molienda a 15 minutos



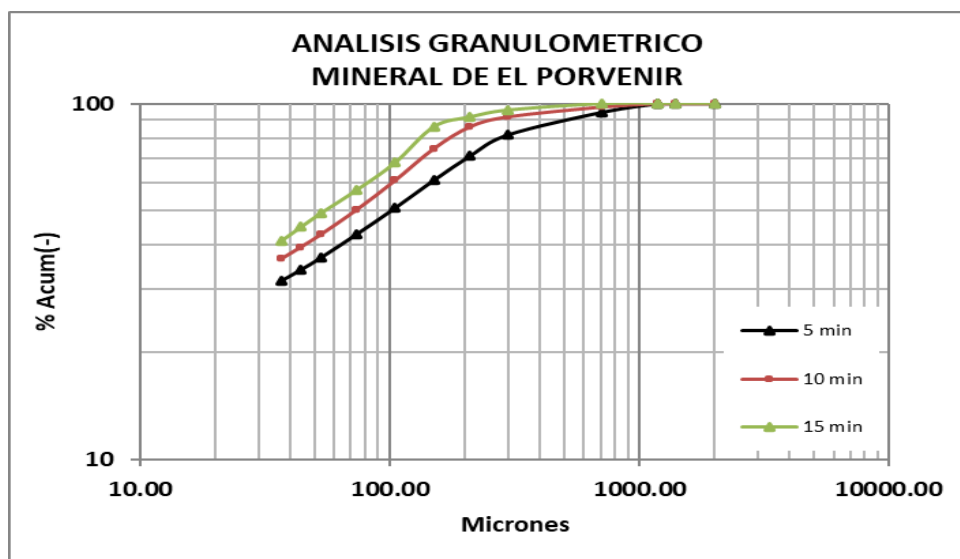
Nota. Con el software Molycop, se graficó el análisis granulométrico a 15 minutos.

Tabla 2 Prueba de moliendabilidad en el intervalo de 5 min

Tiempo	D ₈₀	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Corr
5	279	42.96	43.04
10	172	50.32	50.16
15	127	57.20	57.28

Nota Laboratorio metalúrgico-El porvenir

Figura 5 Análisis Granulométrico mineral de El Porvenir



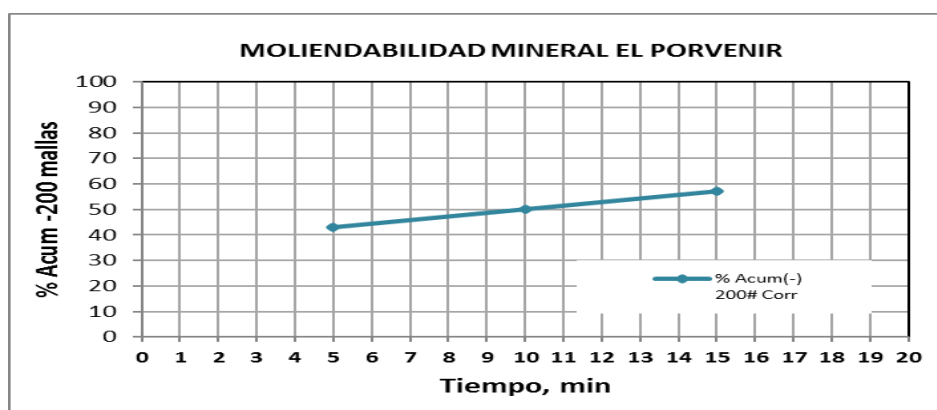
Nota Elaborado por los tesistas

Tabla 3 Tiempo optimo del 50% a malla #200.

Tiempo seg	Tiempo min	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Ideal
593.29	10	50.00	50.000

Nota Laboratorio metalúrgico-El porvenir

Figura 6 Moliendabilidad mineral El Porvenir



Nota Elaborado por los tesistas

- **Análisis químico**

La prueba se inició con el análisis químico de la muestra que se obtuvo de la faja transportadora, alimento a los molinos primarios.

Tabla 4 Análisis Químico de la ley de cabeza para Flotación

ENSAYES				
% Cu	% Pb	% Zn	Ag Onz/TM	% Fe
0,18	1,58	2,97	2,34	8,65

Nota Laboratorio metalúrgico-El porvenir

A continuación, presentamos el diseño de las pruebas experimentales, teniendo en cuenta los factores con sus respectivos niveles. Tabla 3.

Tabla 5 Diseño 2k con sus niveles de cada factor

Factores	Nivel inferior	Nivel superior	Punto central
A: AP 3418 (g/TM)	6	9	7,5
B:Z-11 (g/TM)	5	7	6

Nota Elaborado por los tesistas

Seguidamente se aplicó el diseño factorial, obteniéndose cuatro pruebas experimentales.

$$N = 2^2 = 4 \text{ pruebas}$$

Tabla 6 Diseño de las pruebas experimentales

Prueba	A	B	A	B
1	-	-	6	5
2	+	-	9	5
3	-	+	6	7
4	+	+	9	7
5	0	0	7.5	6

Nota Elaborado por los tesistas

En la tabla 4 tenemos las diferentes combinaciones para las pruebas experimentales que se realizó en el laboratorio metalúrgico de la planta concentradora Nexa Resources – Unidad Minera El Porvenir.

Presentamos las diferentes pruebas metalúrgicas con las respectivas dosificaciones de los diferentes reactivos. En primer lugar, se observa las condiciones de operación utilizando AP-3418.

4.2.1. Reporte de ensayos del concentrado y recuperación del zinc en operación estandar ap-3418

A continuación, presentamos los ensayos de los concentrados de Plomo con sus respectivas recuperaciones obtenidos del 04 al 08 de abril del 2024. Ver tabla 7.

Tabla 7 Ensayes del concentrado de Plomo

Fecha		Ensayes								Recuperación %							
		Oz/t Ag	%Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	g/t Au	Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	g/t Au
4/04/2014	Conc: Pb	72.64	46.98	5.98	1.22	8.97	0.43	0.42	5.30	63.84	84.47	5.54	21.82	2.09	53.68	2.50	35.88
5/04/2024	Conc: Pb	87.50	49.84	5.18	1.13	7.03	0.52	0.16	6.50	64.38	84.47	3.91	19.27	1.65	63.52	0.93	39.21
6/04/2024	Conc: Pb	86.26	47.45	5.90	1.23	8.87	0.41	0.19	4.97	66.23	84.10	5.11	19.42	2.06	57.26	1.00	34.98
7/04/2024	Conc:Pb	86.49	50.29	6.08	1.22	8.62	0.37	0.15	4.95	64.12	84.01	4.76	17.85	2.22	51.33	0.88	32.75

Nota Elaborado por los tesistas

En la tabla 5 se observa que el plomo presenta una ley de contenido sobre el 46 % y como recuperación está bordeando el 84 %, la flotación llevada a cabo es en forma de bulk , obteniéndose en el rougher Pb, Cu, Ag. Observándose que la plata tiene un 80 oz/t en el contenido y como recuperación presenta un 65 % aproximadamente, en el análisis hay presencia de oro.

4.2.2. Pruebas de flotación a nivel de laboratorio

Se realizaron cuatro pruebas de flotación variando la dosificación del AP-3418 eliminando la dosificación del FI-4234.

Prueba de flotación N° 1

Condiciones de operación:

Tabla 8 Dosificación de reactivos

Etapas de Flotación	Reactivos g/t, Circuito Plomo									Parámetros Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	AP-3418	Z-11	MIBC					Revol. rpm	Tiempo (min.)	pH	-m V	Aire NI/min
Molienda	52,00	17,00	6,00	-	-	-	-	-	-	110	3,25	8,90		
Acond. 1	23,00	7,00	-	3,00	20,00	-	-	-	-	1200	1,5	8,75		
C.U. Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	0,5	8,88		5,00
Ro Bulk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2,5	8,42		10
Scv. Bulk	22,00	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	1200	4	8,45		10
1° Cl Bulk	-	-	-	-	-					800	2	8,45		10
2° Cl Bulk	9,20	1,00	-	-	-	-	-	-	-	800	3	8,05		5
Total	106,2	25,0	6,00	5,00	21,00	0.0	0.0	0.0	0	930	17	8,56	0.00	8,00

Nota Elaborado por los tesistas

Tabla 9 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Concentrado plomo C/Unit A	27,40	0,28	51,91	40,68	14,24	1,82	7,67	1422	11	4	0	2	6,17	7,16	1,33	2,85	0,25
Concentrado plomo C/Unit B	24,90	0,25	52,95	43,11	10,43	1,71	7,74	1318	11	3	0	2	5,72	6,89	0,89	2,44	0,23
Concentrado plomo C/Unit C	23,40	0,24	51,44	42,87	10,69	1,81	7,08	1204	10	3	0	2	5,22	6,44	0,86	2,42	0,19
Concentrado plomo C/Unit D	23,70	0,24	52,92	43,50	11,05	2,15	6,94	1254	10	3	1	2	5,44	6,62	0,90	2,91	0,19
Concentrado plomo C/Unit E	26,90	0,27	50,85	44,00	11,34	1,86	7,16	1368	12	3	1	2	5,93	7,60	1,04	2,86	0,23
Conc Cleaner II bulk A	5,70	0,06	81,75	69,08	4,49	1,72	3,62	466	4	0	0	0	2,02	2,53	0,09	0,56	0,02
Conc Cleaner II bulk B	50,20	0,51	52,78	41,41	10,32	2,32	10,33	2650	21	5	1	5	11,49	13,35	1,77	6,63	0,61
Conc Cleaner II bulk C	17,90	0,18	67,72	55,96	7,05	2,70	6,45	1212	10	1	0	1	5,26	6,43	0,43	2,76	0,14
Conc Cleaner II bulk D	47,70	0,48	50,03	39,44	10,11	2,80	9,66	2386	19	5	1	5	10,35	12,08	1,65	7,62	0,54
Conc Cleaner II bulk E	34,50	0,35	54,05	46,31	9,38	2,65	9,67	1865	16	3	1	3	8,09	10,26	1,11	5,22	0,39
Relave Cleaner II Bulk	8,50	0,09	38,57	22,99	10,59	1,90	11,81	328	2	1	0	1	1,42	1,26	0,31	0,92	0,12
Relave Cleaner I Bulk	29,50	0,30	15,08	6,24	5,89	0,68	7,76	445	2	2	0	2	1,93	1,18	0,59	1,15	0,27
Concentrado scavenger Bulk	48,30	0,49	18,78	9,40	10,80	1,68	10,20	907	5	5	1	5	3,93	2,92	1,78	4,63	0,58
Relave scavenger Bulk A	1849,90	18,80	0,49	0,21	2,59	0,14	8,82	910	4	48	3	163	3,95	2,49	16,36	14,70	19,17
Relave scavenger Bulk B	1854,60	18,85	0,63	0,23	2,47	0,08	7,87	1163	4	46	1	146	5,04	2,75	15,67	8,51	17,14
Relave scavenger Bulk C	1921,30	19,52	0,52	0,26	2,77	0,10	8,92	992	5	53	2	171	4,30	3,16	18,18	11,15	20,14
Relave scavenger Bulk D	1927,60	19,59	0,69	0,29	2,84	0,10	8,54	1325	6	55	2	165	5,74	3,56	18,75	11,03	19,33
Relave scavenger Bulk E	1919,00	19,50	0,96	0,27	2,79	0,11	9,08	1848	5	53	2	174	8,01	3,30	18,29	11,63	20,46
Cabeza (calc)	9841,00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	23064	156	292	18	851	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0

ENSAYOS							
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Cabeza Ensayada			2,34	1,58	2,97	0,18	8,65

Nota Elaborado por los tesistas

Tabla 10 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Comb Bulk	174,10	1,19	53,36	44,22	10,05	2,39	8,23	9289	77	17	4	14	69,04	83,14	9,78	41,30	2,73
Relave Bulk	5767,90	97,65	0,72	0,27	2,80	0,10	8,85	4165	16	161	6	510	30,96	16,86	90,22	58,70	97,27
Cab. Calc.	5942,00	100,00	2,26	1,56	3,01	0,17	8,83	13454	93	179	10	525	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Feed	6350	100.00	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	14882	100	189	11	549	100.0	100.00	100.0	100.00	100.00
Concentrado Plomo	189	2.98	54.78	44.22	10.03	2.47	8.22	10381	84	19	5	16	69.76	83.40	0.08	41.46	2.84
Relave Bulk	6161	97.02	0.73	0.27	2.75	0.11	8.66	4501	17	170	7	534	30.24	16.60	89.92	58.54	97.16
Cabeza (calc)	6350	100.00	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	14882	100	189	11	549	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ESTABILIDAD GLOBAL DEL CIRCUITO	99,1 %
CARGA CIRCULANTE DEL CIRCUITO BULK	4,4 %

Nota Elaborado por los tesisistas

OBSERVACION: - En esta prueba N° 1 se empleó la marcha para realizar comparaciones con las pruebas siguientes. - Se notó una recuperación aceptable en el caso del Pb-Ag. Y un consumo de 6 g/ton de AP- 3418, Z-11 a 5 g/ton. La ley de concentrado de Pb-Ag se puede mejorar realizando pruebas con el F-4234 puesto que este reactivo (colector) es más selectivo.

Prueba de flotación n° 2

Condiciones de operación:

Tabla 11 Dosificación de reactivos

Etapas de Flotación	Reactivos g/t, Circuito Plomo									Parámetros Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	AP3418	Z-11	MIBC					Revol. rpm	Tiempo (min.)	Ph	-m V	Aire NI/min
Molienda	52.00	17.00	9.00	-	-	-	-	-	-	110	3.25	8.90		
Acond. 1	23.00	7.00	-	3.00	20.00	-	-	-	-	1200	1.5	8.75		
C.U. Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	0.5	8.88		5.00
Ro Bulk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2.5	8.42		10
Scv. Bulk	22.00	-	-	2.00	100	-	-	-	-	1200	4	8.45		10
1° Cl Bulk	-	-	-	-	-					800	2	8.45		10
2° Cl Bulk	9.20	1.00	-	-	-	-	-	-	-	800	3	8.05		5
Total	106.2	25.0	9.0	5.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0	930	17	8.56	0.00	8.00

Nota Elaborado por los tesistas

Tabla 12 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Concentrado plomo C/Unit A	25,10	0,25	58,38	47,31	9,56	1,93	6,29	1465	12	2	0	2	6,35	7,62	0,82	2,76	0,19
Concentrado plomo C/Unit B	21,80	0,22	53,68	45,70	10,08	2,03	6,52	1170	10	2	0	1	5,07	6,39	0,75	2,52	0,17
Concentrado plomo C/Unit C	27,90	0,28	58,45	44,89	10,02	1,96	6,93	1631	13	3	1	2	7,06	8,04	0,96	3,13	0,23
Concentrado plomo C/Unit D	33,70	0,34	53,88	45,50	10,29	2,14	6,57	1816	15	3	1	2	7,87	9,84	1,19	4,11	0,26
Concentrado plomo C/Unit E	28,30	0,29	53,79	43,68	10,27	2,03	5,74	1522	12	3	1	2	6,60	7,93	0,99	3,28	0,19
Conc Cleaner II bulk A	12,90	0,13	75,50	63,86	5,13	2,10	4,79	974	8	1	0	1	4,22	5,29	0,23	1,54	0,07
Conc Cleaner II bulk B	40,30	0,41	58,11	41,26	9,88	2,61	8,81	2342	17	4	1	4	10,15	10,67	1,36	6,00	0,42
Conc Cleaner II bulk C	35,40	0,36	50,04	37,63	10,23	2,76	11,02	1771	13	4	1	4	7,67	8,55	1,24	5,57	0,46
Conc Cleaner II bulk D	36,30	0,37	45,73	32,79	11,19	2,83	11,97	1660	12	4	1	4	7,19	7,64	1,39	5,86	0,51
Conc Cleaner II bulk E	30,40	0,31	52,62	41,26	9,84	2,87	11,01	1600	13	3	1	3	6,93	8,05	1,02	4,98	0,39
Relave Cleaner II Bulk	16,70	0,17	31,19	17,97	11,85	2,07	12,34	521	3	2	0	2	2,26	1,93	0,68	1,97	0,24
Relave Cleaner I Bulk	46,70	0,47	18,25	10,92	9,19	1,13	10,67	852	5	4	1	5	3,69	3,27	1,47	3,02	0,58
Concentrado scavenger Bulk	66,90	0,68	12,19	5,90	8,86	1,12	9,31	816	4	6	1	6	3,53	2,53	2,03	4,25	0,73
Relave scavenger Bulk A	1866,90	18,96	0,64	0,23	3,06	0,12	7,97	1200	4	57	2	149	5,20	2,72	19,52	12,79	17,47
Relave scavenger Bulk B	1883,90	19,13	0,53	0,21	2,57	0,10	8,77	993	4	48	2	165	4,30	2,58	16,54	10,43	19,38
Relave scavenger Bulk C	1884,00	19,13	0,46	0,19	2,52	0,08	8,85	872	4	47	2	167	3,78	2,25	16,22	8,89	19,56
Relave scavenger Bulk D	1890,30	19,19	0,46	0,19	2,58	0,08	8,58	875	4	49	2	162	3,79	2,34	16,66	8,74	19,03
Relave scavenger Bulk E	1901,60	19,31	0,53	0,19	2,61	0,09	9,02	1002	4	50	2	171	4,34	2,35	16,95	10,16	20,13
Cabeza (calc)	9849,10	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	23083	156	293	18	852	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

	ENSAYOS						
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Cabeza Ensayada			2,34	1,58	2,97	0,18	8,65

Nota Elaboración por los testistas

Tabla 13 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Comb Bulk Cl Productos (6 to10)	192,00	1,19	52,08	40,62	10,33	2,46	9,05	10000	78	20	5	17	78,44	87,82	11,98	49,21	3,36
Bulk Scav Relave (13 to 17)	5675,90	97,65	0,48	0,19	2,57	0,09	8,81	2749	11	146	5	500	21,56	12,18	88,02	50,79	96,64
Cabeza (calc)	5867,90	100,00	2,17	1,51	2,82	0,16	8,82	12749	89	166	10	518	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ESTABILIDAD GLOBAL DEL CIRCUITO	98,7 %
CARGA CIRCULANTE DEL CIRCUITO BULK	6,6 %

Nota Elaborado por los testistas

Tabla 14 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Feed	6350.00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Concentrado Plomo	218.55	3,44	52,09	40,62	10,34	2,46	9,04	11384	89	23	5	20	76,49	88,36	11,98	47,53	3,60
Relave Bulk	6131.45	96,56	0,57	0,19	2,71	0,10	8,64	3499	12	166	6	530	23,51	11,64	88,02	52,47	96,40
Cabeza (calc)	6350.00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota Elaborado por los testistas

OBSERVACIÓN: En esta prueba N° 2 se empleó la marcha con Z-11 y AP-3418 para realizar comparaciones con las pruebas siguientes. Se notó una recuperación óptima en el caso del Pb-Ag, con un consumo de 5 g/tn de Z-11 y AP-3418 de 9 g/tn.

Prueba de flotación N° 3

Condiciones de operación:

Tabla 15 Dosificación de reactivos

Etapas de Flotación	Reactivos g/t, Circuito Plomo									Parámetros Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	AP3418	Z-11	MIBC					Revol. rpm	Tiempo (min.)	pH	-m V	Aire NI/min
Molienda	52,00	17,00	6,00	-	-	-	-	-	-	110	3,25	8,90		
Acond. 1	23,00	7,00	-	4,00	20,00	-	-	-	-	1200	1,5	8,75		
C.U. Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	0,5	8,88		5,00
Ro Bulk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2,5	8,42		1,0
Scv. Bulk	22,00	-	-	3,00	1,00	-	-	-	-	1200	4	8,45		1,0
1° Cl Bulk	-	-	-	-	-					800	2	8,45		1,0
2° Cl Bulk	9,20	1,00	-	-	-	-	-	-	-	800	3	8,05		
Total	106,2	25,0	6,0	7,00	21,0	0,0	0,0	0,0	0	930	17	8,56	0,00	8.00

Nota Elaborado por los tesistas

Tabla 16 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Concentrado plomo C/Unit A	17,70	0,18	71,36	52,23	8,91	2,17	5,07	1263	9	2	0	1	5,40	5,86	0,53	2,17	0,10
Concentrado plomo C/Unit B	13,80	0,14	63,71	52,05	7,49	2,10	5,31	879	7	1	0	1	3,76	4,55	0,35	1,63	0,08
Concentrado plomo C/Unit C	17,90	0,18	63,75	52,15	9,44	2,12	5,22	1141	9	2	0	1	4,88	5,91	0,57	2,14	0,11
Concentrado plomo C/Unit D	24,40	0,24	63,91	47,52	9,38	1,84	5,61	1559	12	2	0	1	6,67	7,35	0,77	2,53	0,16
Concentrado plomo C/Unit E	22,30	0,22	60,07	48,48	8,44	2,23	5,30	1339	11	2	0	1	5,73	6,85	0,64	2,80	0,14
Conc Cleaner II bulk A	16,40	0,16	82,05	63,46	4,95	2,10	4,68	1346	10	1	0	1	5,76	6,59	0,27	1,94	0,09
Conc Cleaner II bulk B	38,50	0,39	68,53	50,48	8,25	2,81	7,86	2638	19	3	1	3	11,29	12,31	1,07	6,10	0,35
Conc Cleaner II bulk C	33,10	0,33	69,44	51,31	7,85	2,64	7,93	2298	17	3	1	3	9,83	10,76	0,88	4,93	0,30
Conc Cleaner II bulk D	43,40	0,44	57,09	39,03	9,70	3,98	9,49	2478	17	4	2	4	10,60	10,73	1,42	9,71	0,48
Conc Cleaner II bulk E	41,00	0,41	53,04	42,82	9,38	3,23	9,60	2175	18	4	1	4	9,30	11,12	1,30	7,45	0,46
Relave Cleaner II Bulk	8,40	0,08	20,09	16,16	9,35	1,60	12,01	169	1	1	0	1	0,72	0,86	0,27	0,76	0,12
Relave Cleaner I Bulk	23,00	0,23	14,62	10,70	6,66	1,02	8,99	336	2	2	0	2	1,44	1,56	0,52	1,32	0,24
Concentrado scavenger Bulk	52,60	0,53	15,11	9,45	8,72	1,71	9,65	795	5	5	1	5	3,40	3,15	1,55	5,08	0,59
Relave scavenger Bulk A	1877,90	18,82	0,51	0,21	2,83	0,13	8,04	961	4	53	2	151	4,11	2,52	17,95	14,01	17,48
Relave scavenger Bulk B	1935,70	19,40	0,58	0,22	2,78	0,10	9,63	1130	4	54	2	186	4,83	2,67	18,17	10,43	21,60
Relave scavenger Bulk C	1935,30	19,40	0,46	0,18	2,79	0,10	8,17	883	4	54	2	158	3,78	2,24	18,24	10,43	18,32
Relave scavenger Bulk D	1932,00	19,37	0,44	0,21	2,65	0,07	8,66	855	4	51	1	167	3,66	2,52	17,28	8,13	19,39
Relave scavenger Bulk E	1942,50	19,47	0,58	0,20	2,78	0,08	8,88	1134	4	54	2	172	4,85	2,44	18,23	8,46	19,99
Cabeza (calc)	9975,90	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	23380	158	296	18	863	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

	ENSAYOS						
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Cabeza Ensayada			2,34	1,58	2,97	0,18	8,65

Nota Elaborado por los tesisistas

Tabla 17 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Comb Bulk CI Productos (6 to10)	182,10	3,04	60,36	45,70	9,07	2,88	7,78	10991	83	17	5	14	79,28	87,98	9,39	52,25	2,77
Bulk Scav Relave (13 to 17)	5809,80	96,96	0,49	0,20	2,74	0,08	8,57	2872	11	159	5	498	20,72	12,02	90,61	47,75	97,23
Cabeza (calc)	5991,90	100,00	2,31	1,58	2,93	0,17	8,55	13863	95	176	10	512	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ESTABILIDAD GLOBAL DEL CIRCUITO	99,2 %
CARGA CIRCULANTE DEL CIRCUITO BULK	4,2 %

Nota Elaborado por los testistas

Tabla 18 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Feed	6350,0	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Concentrado Plomo	193,47	3,05	61,14	45,70	9,08	3,06	7,78	11828	88	18	6	15	79,48	88,01	9,31	52,45	2,74
Relave Bulk	6156,53	96,56	0,50	0,20	2,78	0,09	8,68	3054	12	171	5	534	20,52	11,99	90,69	47,55	97,26
Cabeza (calc)	6350,00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota Elaborador por los testistas

OBSERVACIÓN: En esta prueba N° 3 se empleó la marcha con AP-3418 y Z-11 para realizar comparaciones con las pruebas siguientes. Se notó una recuperación óptima en el caso del Pb-Ag, con un consumo de 6 g/tn de AP-3418 y Z-11 7 g/tn.

Prueba de flotación N° 4

Condiciones de operación:

Tabla 19 Dosificación de reactivos

Etapas de Flotación	Reactivos g/t, Circuito Plomo									Parámetros Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	AP3418	Z-11	MIBC					Revol. rpm	Tiempo (min.)	pH	-m V	Aire NI/min
Molienda	52,00	17,00	7,50	-	-	-	-	-	-	110	3,25	8,90		
Acond. 1	23,00	7,00	-	4,00	20,00	-	-	-	-	1200	1,5	8,75		
C.U. Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	0,5	8,88		5,00
Ro Bulk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2,5	8,42		1,0
Scv. Bulk	22,00	-	-	3,00	1,00	-	-	-	-	1200	4	8,45		1,0
1° Cl Bulk	-	-	-	-	-					800	2	8,45		1,0
2° Cl Bulk	9,20	1,00	-	-	-	-	-	-	-	800	3	8,05		5
Total	106,2	25,0	7,50	7,00	21,0	0,0	0,0	0,0	0	930	17	8,56	0,00	8,00

Nota: Elaborado por los tesisistas

Tabla 20 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Concentrado plomo C/Unit A	28,10	0,28	56,55	41,33	11,51	2,01	8,88	1589	12	3	1	2	6,85	7,41	1,10	3,21	0,29
Concentrado plomo C/Unit B	29,20	0,29	55,15	41,89	9,73	2,00	6,83	1610	12	3	1	2	6,94	7,81	0,97	3,31	0,23
Concentrado plomo C/Unit C	32,90	0,33	57,96	40,43	10,55	2,05	6,77	1907	13	3	1	2	8,22	8,49	1,18	3,82	0,26
Concentrado plomo C/Unit D	28,20	0,28	53,85	38,99	11,92	2,72	7,98	1519	11	3	1	2	6,55	7,02	1,14	4,36	0,26
Concentrado plomo C/Unit E	31,80	0,32	58,59	41,04	11,19	2,13	7,79	1863	13	4	1	2	8,03	8,33	1,21	3,84	0,29
Conc Cleaner II bulk A	12,00	0,12	77,14	60,76	5,81	2,30	6,12	926	7	1	0	1	3,99	4,66	0,24	1,57	0,09
Conc Cleaner II bulk B	20,50	0,21	73,22	49,37	6,99	2,50	8,09	1501	10	1	1	2	6,47	6,46	0,49	2,91	0,19
Conc Cleaner II bulk C	21,60	0,22	77,13	49,14	7,53	3,63	9,05	1666	11	2	1	2	7,18	6,78	0,55	4,45	0,23
Conc Cleaner II bulk D	34,60	0,35	69,08	41,17	9,32	3,35	10,19	2390	14	3	1	4	10,30	9,09	1,10	6,58	0,41
Conc Cleaner II bulk E	37,40	0,38	66,58	41,47	9,40	3,43	10,66	2490	16	4	1	4	10,73	9,90	1,20	7,29	0,47
Relave Cleaner II Bulk	14,10	0,14	33,39	20,11	12,85	1,59	13,28	471	3	2	0	2	2,03	1,81	0,62	1,27	0,22
Relave Cleaner I Bulk	33,80	0,34	15,76	9,04	8,71	0,76	11,37	533	3	3	0	4	2,30	1,95	1,00	1,46	0,45
Concentrado scavenger Bulk	40,40	0,41	15,89	8,06	9,76	1,13	10,55	642	3	4	0	4	2,77	2,08	1,34	2,59	0,50
Relave scavenger Bulk A	1905,00	19,24	0,56	0,38	2,81	0,14	9,04	1061	7	53	3	172	4,57	4,60	18,19	15,08	20,11
Relave scavenger Bulk B	1929,60	19,49	0,22	0,31	2,74	0,10	8,13	427	6	53	2	157	1,84	3,76	17,98	10,94	18,31
Relave scavenger Bulk C	1886,50	19,05	0,50	0,27	2,70	0,09	8,83	948	5	51	2	167	4,09	3,24	17,35	9,75	19,45
Relave scavenger Bulk D	1926,10	19,45	0,45	0,30	2,68	0,08	8,03	864	6	52	2	155	3,72	3,70	17,58	9,26	18,07
Relave scavenger Bulk E	1888,50	19,08	0,42	0,24	2,61	0,08	9,15	796	5	49	1	173	3,43	2,90	16,77	8,33	20,17
Cabeza (calc)	9900,30	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	23203	157	294	18	857	1000	100,0	100,0	100,0	100,0

	ENSAYOS						
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Cabeza Ensayada			2,34	1,58	2,97	0,18	8,65

Nota: Elaborado por los tesistas

Tabla 21 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico				Distribución					
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Comb Bulk Cl Productos (6 to10)	186,50	1,19	63,46	41,67	10,06	2,87	8,80	11835	78	19	5	16	81,95	83,45	10,98	52,60	3,22
Bulk Scav Relave (13 to 17)	5701,10	97,65	0,46	0,27	2,67	0,08	8,67	2608	15	152	5	494	18,05	16,55	89,02	47,40	96,78
Cabeza (calc)	5887,60	100,00	2,45	1,58	2,90	0,17	8,67	14443	93	171	10	511	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ESTABILIDAD GLOBAL DEL CIRCUITO	99.1 %
CARGA CIRCULANTE DEL CIRCUITO BULK	4.5 %

Nota: Elaborado por los tesisistas

Tabla 22 Balance metalúrgico

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico				Distribución					
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Feed	6350	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Concentrado Plomo	201	3,17	60,15	41,67	10,09	2,96	8,80	12102	84	20	6	18	81,32	83,45	10,76	52,69	2,74
Relave Bulk	6149	96,83	0,45	0,27	2,74	0,09	8,65	2780	17	168	5	532	18,68	16,55	89,24	47,31	97,26
Cabeza (calc)	6350	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Elaborado por los tesisistas

OBSERVACIÓN: En esta prueba N° 4 se empleó la marcha estándar para realizar comparaciones con las pruebas siguientes. Se

notó una recuperación óptima en el caso del Pb-Ag, con un consumo de 7,5 g/tn de AP-3418 y un aumento de 7 g/tn de Z-11.

Prueba de flotación N° 5

Condiciones de operación:

Tabla 23 Dosificación de reactivos

Etapas de Flotación	Reactivos g/t, Circuito Plomo									Parámetros Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	AP3418	Z-11	MIBC					Revol. rpm	Tiempo (min.)	pH	-m V	Aire NI/min
Molienda	52,00	17,00	6,00	-	-	-	-	-	-	110	3,25	8,90		
Acond. 1	23,00	7,00	-	3,00	20,00	-	-	-	-	1200	1,5	8,75		
C.U. Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	0,5	8,88		5,00
Ro Bulk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2,5	8,42		1,0
Scv. Bulk	22,00	-	-	3,00	1,00	-	-	-	-	1200	4	8,45		1,0
1° Cl Bulk	-	-	-	-	-					800	2	8,45		1,0
2° Cl Bulk	9,20	1,00	-	-	-	-	-	-	-	800	3	8,05		5
Total	106,20	25,00	6,00	6,00	21,00	0.0	0.0	0.0	0	930	17	8,56	0.00	8,00

Nota: Elaborador por los tesistas

Tabla 24 Resultado metalúrgicos

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Concentrado plomo C/Unit A	28,10	0,29	48,55	44,11	9,80	1,62	6,54	1379	13	3	0	2	5,96	8,03	0,95	2,62	0,22
Concentrado plomo C/Unit B	20,80	0,21	51,40	46,91	8,60	1,86	6,55	1069	10	2	0	1	4,62	6,25	0,61	2,20	0,16
Concentrado plomo C/Unit C	17,80	0,18	67,34	53,08	7,55	1,82	4,59	1199	9	1	0	1	5,19	6,06	0,46	1,85	0,10
Concentrado plomo C/Unit D	19,40	0,20	57,05	47,16	9,48	1,94	6,26	1107	9	2	0	1	4,79	5,86	0,63	2,14	0,14
Concentrado plomo C/Unit E	27,70	0,28	49,44	41,62	11,53	2,20	6,88	1369	12	3	1	2	5,92	7,39	1,09	3,47	0,22
Conc Cleaner II bulk A	10,60	0,11	74,14	63,31	4,98	2,48	5,59	786	7	1	0	1	3,40	4,30	0,18	1,49	0,07
Conc Cleaner II bulk B	25,30	0,26	58,64	53,09	7,17	2,87	8,29	1483	13	2	1	2	6,42	8,61	0,62	4,13	0,25
Conc Cleaner II bulk C	42,30	0,43	45,91	39,65	9,91	2,65	11,01	1942	17	4	1	5	8,40	10,75	1,43	6,38	0,55
Conc Cleaner II bulk D	46,40	0,47	41,50	38,21	10,10	2,94	11,45	1926	18	5	1	5	8,33	11,36	1,60	7,78	0,62
Conc Cleaner II bulk E	44,00	0,45	44,57	37,40	10,39	2,50	11,74	1961	16	5	1	5	8,48	10,55	1,56	6,26	0,61
Relave Cleaner II Bulk	16,30	0,17	25,32	15,96	11,06	1,50	15,13	413	3	2	0	2	1,79	1,67	0,62	1,39	0,29
Relave Cleaner I Bulk	28,00	0,28	13,67	7,78	8,46	0,91	10,99	383	2	2	0	3	1,66	1,40	0,81	1,45	0,36
Concentrado scavenger Bulk	57,70	0,58	12,74	7,49	9,32	1,22	11,17	735	4	5	1	6	3,18	2,77	1,84	4,00	0,76
Relave scavenger Bulk A	1859,90	18,86	1,33	0,24	3,57	0,15	9,79	2482	4	66	3	182	10,74	2,84	22,64	16,31	21,33
Relave scavenger Bulk B	1912,90	19,39	0,70	0,26	2,55	0,09	8,53	1340	5	49	2	163	5,80	3,17	16,66	10,03	19,12
Relave scavenger Bulk C	1908,10	19,35	0,63	0,24	2,56	0,10	8,54	1206	5	49	2	163	5,22	2,95	16,69	10,59	19,10
Relave scavenger Bulk D	1904,00	19,30	0,61	0,25	2,53	0,08	7,85	1160	5	48	2	149	5,02	3,02	16,46	8,76	17,52
Relave scavenger Bulk E	1893,90	19,20	0,62	0,25	2,35	0,08	8,38	1176	5	44	2	159	5,09	3,03	15,16	9,15	18,60
Cabeza (calc)	9863,50	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	23117	156	293	18	853	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ENSAYOS							
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Cabeza Ensayada			2,34	1,58	2,97	0,18	8,65

Nota: Elaborado por los tesisistas

Tabla 25 Balance metalúrgico

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Comb Bulk Cl Productos (6 to10)	197,60	1,19	48,09	41,03	10,04	2,48	9,65	9504	81	20	5	19	72,84	85,23	12,29	49,45	3,89
Bulk Scav Relave (13 to 17)	5706,00	97,65	0,62	0,25	2,48	0,09	8,26	3543	14	142	5	471	27,16	17,44	87,71	50,55	96,11
Cabeza (calc)	5903,60	100,00	2,21	1,61	2,73	0,17	8,30	13047	95	161	10	490	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ESTABILIDAD GLOBAL DEL CIRCUITO	99,0 %
CARGA CIRCULANTE DEL CIRCUITO BULK	5,2 %

Nota: Elaborado por los tesistas

Tabla 26 Balance metalúrgico

Productos	g	%Peso	Ensayes					Contenido Metálico					Distribución				
			Ag g/t	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	%Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe
Feed	6350,00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,8	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Concentrado Plomo	207,97	3,28	52,57	41,03	10,17	2,65	9,67	10933	85	21	6	20	73,46	84,94	11,22	48,81	3,66
Relave Bulk	6142,03	96,72	0,64	0,25	2,73	0,09	8,62	3949	15	167	6	529	26,54	15,06	88,78	51,19	96,34
Cabeza (calc)	6350,00	100,00	2,34	1,58	2,97	0,18	8,65	14882	100	189	11	549	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Elaborado por los tesistas

OBSERVACIÓN En esta prueba N° 5 se empleó la marcha con Z-11 y AP-3418 para realizar comparaciones con las pruebas siguientes. Se notó una recuperación óptima en el caso del Pb-Ag, con un consumo de 6 g/tn de Z-11 y AP- 3418 de 6 g/t.

A continuación, presentamos el resumen de los ensayos de los concentrados de Plomo con sus respectivas recuperaciones obtenidos del 8 al 12 de abril del 2024. Ver tabla 25

Tabla 27 Ensayos de concentrados de Plomo

FECHA	Productos	t	Ensayes					Distribución				
			Oz/t Ag	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
08/04/2024	Conc. Pb	189,5	54,78	44,22	10,03	2,47	8,22	69,76	83,40	10,08	41,46	2,84
09/04/2024	Conc. Pb	218,55	52,09	40,62	10,34	2,46	9,04	76,49	88,36	11,98	47,53	3,60
10/04/2024	Conc. Pb	193,47	61,14	45,70	9,08	3,06	7,78	79,48	88,01	9,31	52,45	2,74
11/04/2024	Conc. Pb	201,19	60,15	41,67	10,09	2,96	8,80	81,32	83,45	10,76	52,69	3,22
12/04/2024	Conc. Pb	207,97	52,57	41,03	10,17	2,65	9,67	73,46	84,94	11,22	48,81	3,66

Nota: Elaborado por los tesistas

Desarrollado las pruebas experimentales respectivas tenemos el vector respuesta el cual se adjunta:

Tabla 28 *Diseño de las pruebas experimentales*

Prueba	A	B	Y
1	6	5	83.4
2	9	5	88.36
3	6	7	88.01
4	9	7	83.45
5	7	6	84.94

Nota: Elaborado por los tesistas

Aplicando el paquete estadístico STATGRAPHICS versión 4.1 tenemos la estimación de los efectos como se puede observar en la tabla 4.13.

Estimación de los efectos

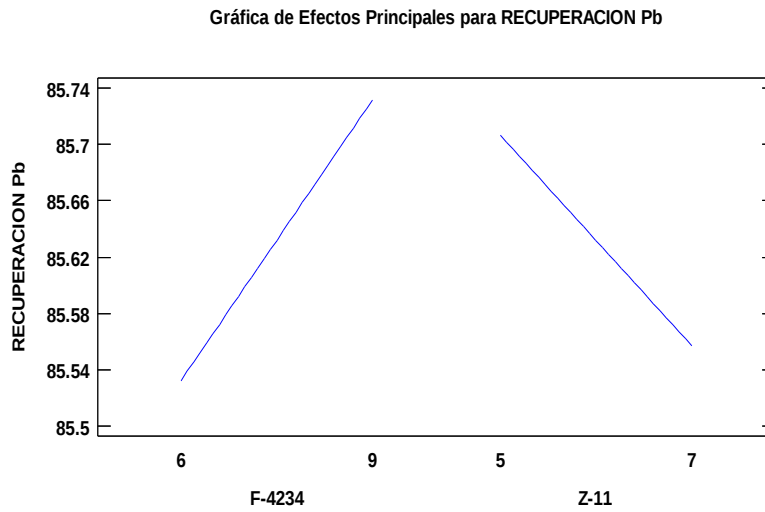
Tabla 29 *Efectos estimados para Recuperación de Pb*

Efecto	Estimado	Error Estadístico	V.I.F.
promedio	85,632	0,346	
AP-3418	0,2	0,77368	1,0
B: Z-11	- 0,15	0,77368	1,0
AB	- 4,76	0,77368	1,0

Nota: Elaborado por los tesistas

En la tabla se asume el error a la interacción de los factores AP-3418 y Z-11. De igual manera observamos que los factores principales son positivos y la interacción es negativo, por lo que se deduce que no hay interacción entre ambos factores. En la gráfica 1, también podemos observar los efectos principales, y deducimos el que tiene mayor significancia es el AP-3418 por la pendiente más pronunciada seguido de la dosificación del Z-11.

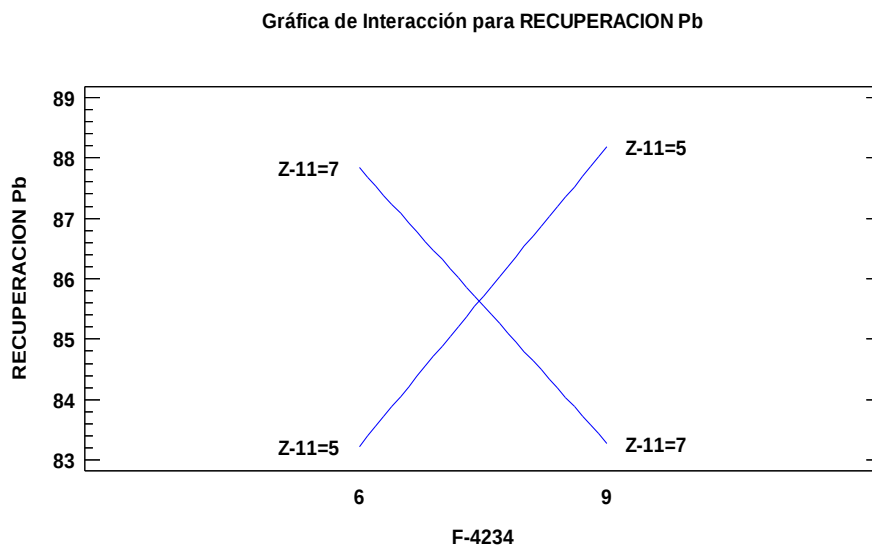
Figura 7 Efectos principales



Nota: Elaborado por los tesistas

En la gráfica 2, de interacciones se observa que hay interacción entre los factores principales por lo que tiene influencia en las pruebas experimentales.

Figura 8 Interacciones de los factores principales



Nota: Elaborado por los tesistas

Para corroborar los análisis desarrollados aplicamos el análisis de varianza del proceso en la tabla 28.

Tabla 30 Análisis de Varianza para Recuperación de Pb

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: AP - 3418	0,04	1	0,04	0,07	0,8390
B: Z - 11	0,0225	1	0,0225	0,04	0,8781
AB	22,6576	1	22,6576	37,85	0,1026
Error total	0,59858	1	0,59858		
Total (corr.)	23,3187	4			

Nota: Elaboración propia

De la tabla de análisis de varianza se corrobora el que tiene mayor significancia es el AP-3418 seguido del espumante Z-11, para un coeficiente de correlación de 100 %.

De igual manera tenemos la tabla 29, el análisis de regresión de la que obtenemos el modelo matemático del análisis.

Tabla 31 Coeficiente de regresión para recuperación Pb

Coeficiente	Estimado
Constante	14,182
A: AP - 3418	9,58667
B: Z-11	11,825
AB	- 1,58667

Nota: Elaboración propia

La ecuación del modelo de recuperación de Pb ajustado es:

$$\text{RECUPERACIÓN Pb} = 14,182 + 9,58667 \cdot \text{AP-3418} + 11,825 \cdot \text{Z-11} - 1,58667 \cdot \text{AP-3418} \cdot \text{Z-11}$$

La recuperación máxima se obtiene trabajando con los niveles máximos como se observa en la tabla 30.

Meta: maximizar Recuperación de Pb

Valor óptimo = 88,187

Tabla 32 Optimizar Respuesta

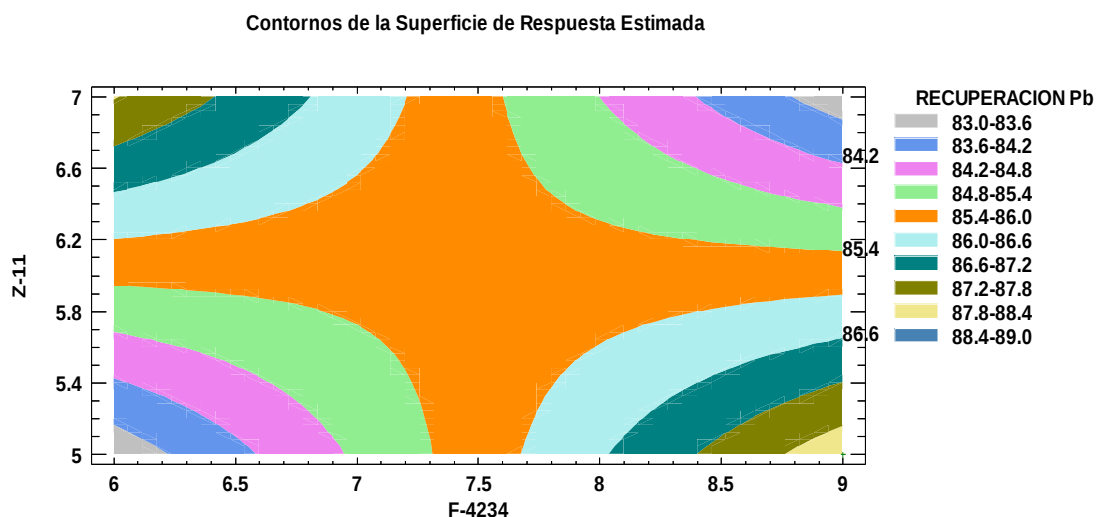
<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
AP-3418	6,0	9,0	9,0
Z-11	5,0	7,0	5,0

Nota: Elaborado por los tesisistas

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

La superficie respuesta nos indica las pendientes son negativas poco pronunciadas por lo que lo visualizamos en la gráfica 3 de isolíneas.

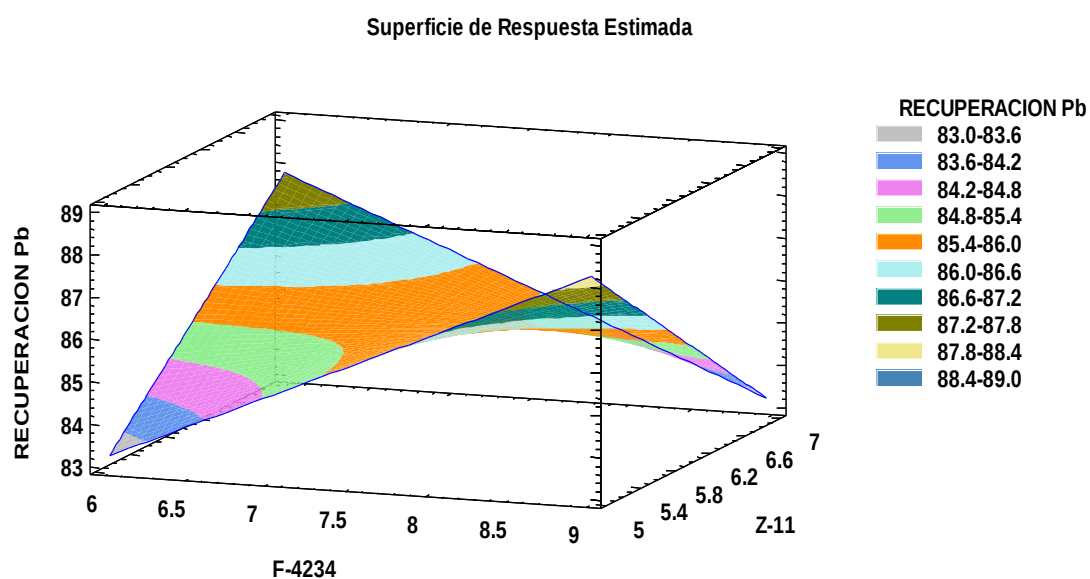
Figura 9 Contorno de la superficie respuesta



Nota: Elaboración propia

La superficie respuesta a nivel espacial nos muestra la forma en que están ubicados los puntos experimentales, así mismo la dirección en la cual se orienta el proceso, ver la gráfica 4

Figura 10 Superficie respuesta



Nota: Elaborado por los testistas

4.3. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis hacemos uso de la estadística para ello manifestamos que: La dosificación del reactivo AP-3418 al circuito de flotación tiene efecto significativo en la recuperación del Plomo

Tabla 33 *Análisis de varianza*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: AP--3418	0,04	1	0,04	0,07	0,8390
B: Z-11	0,0225	1	0,0225	0,04	0,8781
AB	22,6576	1	22,6576	37,85	0,1026
Error total	0,59858	1	0,59858		
Total (corr.)	23,3187	4			

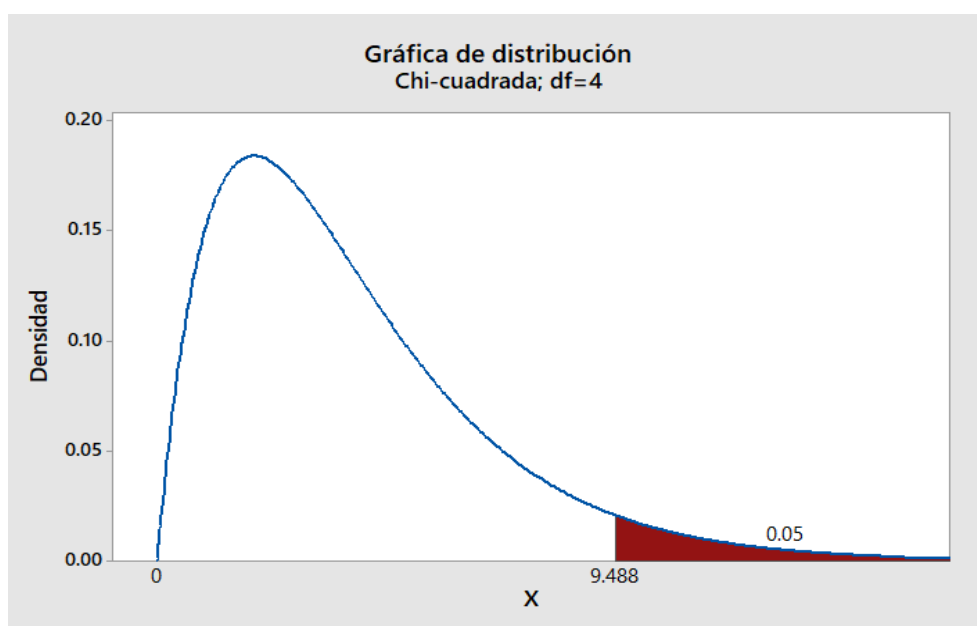
Nota: Elaborado por los testistas

Comparando el valor $P = 0,8781$ calculado con el nivel de significación $\alpha = 0,5$ critico

$$P = 0,8781 > \alpha = 0,5$$

Al realizar la comparación en la ecuación anterior se observa que el Valor $P > \alpha$ es decir es mayor que el nivel de significación.

Figura 11 Distribución



Nota: Elaborado por los tesistas

Se acepta la hipótesis planteada y se concluye que la dosificación del colector AP – 3418, tiene mayor efecto en la recuperación del Plomo. Esto lo podemos afirmar categóricamente al 95 % de significancia.

4.4. Discusión de resultados

En la tabla 2, que es el análisis de la ley de cabeza se observa el contenido de Pb que es 1,58 %, el contenido de Cu es 0,18 % y Zn es del 2,97 %, la plata también es de 2,34 onz/TM, sin embargo, el hierro es alto de 8,65 %.

En la tabla 3, se observa el diseño en base a dos factores como AP-3418 y Z-11 con sus respectivos niveles de 6 – 9 g/Tn y 5 – 7 g/Tn. Con estos factores se determinó las cuatro pruebas experimentales y combinaciones de sus parámetros respectivos.

En la tabla 5, se observa el resultado de reportes de concentrado de Pb de 4 días, cuya calidad de concentrado de Pb oscila entre 46,98% - 50,29 % y sus recuperaciones oscilan entre 84,47% – 84,01%; se trabajó en condiciones estándares en la planta concentradora con dosificaciones de AP-3418 y Z-11.

En la tabla 8, se observa que el concentrado de Pb es 44,22% que tiene plata 54,78 Oz/T, en cuanto a recuperaciones de Pb es 83,40%, plata 69,76%. En esta prueba la recuperación del Pb y el Ag es aceptable ya que ésta en el rango de operaciones normales.

En la tabla 12, se observa que el concentrado de Pb es 40,62% y el Ag 52,09 Oz/T con recuperaciones de 88,36% y 76,49% respectivamente, aquí no se realizó una buena limpieza del concentrado de Pb. se observa que hay ligero incremento en la recuperación esto debido al incremento de dosificación del AP-3418 a 9.

En la tabla 16, se observa que el concentrado de Pb es 45,70% y el Ag 61,14 Oz/Tn con recuperaciones de 88,01% y 79,48% respectivamente, aquí se limpió más el concentrado de Pb que se lixivió más la plata. Esto posiblemente por bajar la dosificación del AP-3418 en 6 g/Tn.

En la tabla 20, se observa que el concentrado de Pb es 41,67% y la Ag 60,15 Oz/Tn con recuperaciones de 83,45% y 81,32% respectivamente, aquí no se limpió demasiado el concentrado de Pb. aquí la dosificación en sus niveles alto tiene mayor efecto es la recuperación.

En la tabla 25, tenemos el vector respuesta con sus respectivas recuperaciones de cada prueba experimental sujeto a aplicar el análisis de los efectos de los factores aplicando el paquete estadístico Statgraphics.

En la tabla 27, tenemos los efectos de la recuperación del Pb, y observamos que el que tiene mayor efecto es el reactivo AP - 3418 que tiene un valor de 0,2 seguido del espumante Z-11 cuyo valor es - 0,15, y a la vez comprobamos que la interacción de ambos factores no tiene ninguna influencia, esto es por el valor negativo - 4,76, ver gráfica 2, esto lo podemos comprobar en la gráfica 1 por la pendiente más pronunciada del AP - 3418 seguido del Z-11.

En la tabla 28 el análisis de varianza nuevamente nos permite confirmar, el que tiene mayor efecto en la recuperación del Pb es el AP-3418 seguido del Z-11, para un coeficiente de correlación de 100%.

En la tabla 29, tenemos el coeficiente de regresión estimado cuyos valores nos permite modelar el fenómeno estudiado.

En la tabla 30, observamos que el valor óptimo para la recuperación de Pb esta sobre 88,187% trabajando con los niveles máximos de dosificación del AP – 3418 y Z-11.

En la gráfica 4, observamos la superficie respuesta de contorno, donde la recuperación máxima del Pb está en el rango de 84,2% a 86,6%, de igual manera podemos ver el grafico 4.4 a nivel espacial como los puntos están ubicados los puntos experimentales.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al problema, objetivo e hipótesis general donde se evalúa el reactivo colector AP-3418, se inicia la investigación con una dosificación del reactivo 9 g/t teniendo como ley de Pb 46,98 y una distribución 84,47%. Con una dosificación del reactivo AP-3418 a 6 g/t, se tiene una ley de Pb 41,03 y una distribución 84,94%.
2. Con respecto al primer problema, objetivo e hipótesis específico, podemos manifestar que si influye en la calidad del concentrado tal como se observa en las diversas pruebas que se han desarrollado.
3. Con referencia al segundo problema, objetivo e hipótesis específico, sobre la variación de la dosificación del reactivo AP-3418 influye significativamente en la calidad y recuperación del concentrado de plomo.
4. En términos generales podemos manifestar que el reactivo AP-3418, es un reactivo que mejora la calidad y recuperación de los concentrados polimetálicos tanto en la flotación del rougher y cleaner.
5. En operaciones estándar dosificando AP - 3418, tenemos un concentrado de Pb; 46,98 – 50,29 % siendo sus recuperaciones que oscilan entre 84,47% a 84,01%.
6. La dosificación del AP 3418 (6 g/t) en la etapa de molienda de las pruebas a nivel de laboratorio, se obtuvo un concentrado con una ley de 45,70% y con una recuperación de 88,01 %. De esta prueba se determinó el que tiene mayor efecto es el AP - 3418.

RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar más pruebas metalúrgicas con el reactivo AP – 3418 variando parámetros de operación y evaluar las recuperaciones del Pb y la calidad de concentrado, debido a que este reactivo es más eficiente.
2. Sugerimos a la empresa realizar más pruebas experimentales con los reactivos AP – 3418 y FL – 4234 a nivel laboratorio, piloto e industrial y evaluar la factibilidad del reactivo más conveniente.
3. Se debe de investigar sobre el costo del reactivo AP-3418 con referencia a otros reactivos colectores sin perder la calidad y recuperación de los concentrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Cyanamid Company, (1986). *Manual de productos químicos para minería. Impreso en México. Traducido Por Ma. Elena Saucedo Loya, A. Giraldez Y J.A. Gutiérrez abril 1988.*
- Azañero Ortiz, A. & Morales Valencia, M. (1999). *Evaluación de los reactivos de flotación. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Volumen 2 (04).*
- Bissonette K. (2016). *Maximizing the value of flotation chemicals technology.*
- Cóndor Suarez, R. (2016). *Depresión del Arsénico en la flotación de cobre, mediante el reactivo Dp- As/Tipo I para mejorar la calidad del concentrado – Cía. Minera Caolin (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco.*
- Loyola Poves, F. G. (2013). *Evaluación sobre la aplicabilidad del promotor 3418 en la flotación de los minerales de chalcopirita de la mina cobriza (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco.*
- Cerro S.A.C., (2016). *Flotación de Zn sin cal. Horizonte minero. Edición 122. Recuperado de [http:// www. horizonte minero. com/2017/04/11\) Zinc. http://: www. zinc. elementos.org.es/zinc](http://www.horizonteminero.com/2017/04/11/Zinc)*
- Minerales de Plomo y Zinc. Separación por flotación – Reactivos pág. 1 de 15. http://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc
- Reactivos de flotación. Pág 2 -15. [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile. php/5564/mod_resource/content/1/FLOTACION_REACTIVOS.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/5564/mod_resource/content/1/FLOTACION_REACTIVOS.pdf)
- Química Amtex S.A. (2006), *“Presentación Grupo Amtex” Simposium: Avances En Flotación De Minerales Polimetalicos, Lima.*

ANEXOS

ANEXO 1

Instrumentos de Recolección de Datos:

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD UNIDAD MINERA NEXA RESOURCES – UNIDAD MINERA EL PORVENIR

Mineral 2 kg - 1000 ml Agua

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD MINERAL Blending

Diametro Molino	8	pulg
Largo Molino	7 3/4	pulg

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD

Tiempo	D ₈₀	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Corr
5	279	42,96	43,04
10	172	50,32	50,16
15	127	57,20	57,28

REGRESION LINEAL -200#

B	1,42	A	35,92
---	------	---	-------

Tiempo min	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Ideal	FO
10	50,00	50,000	0,000

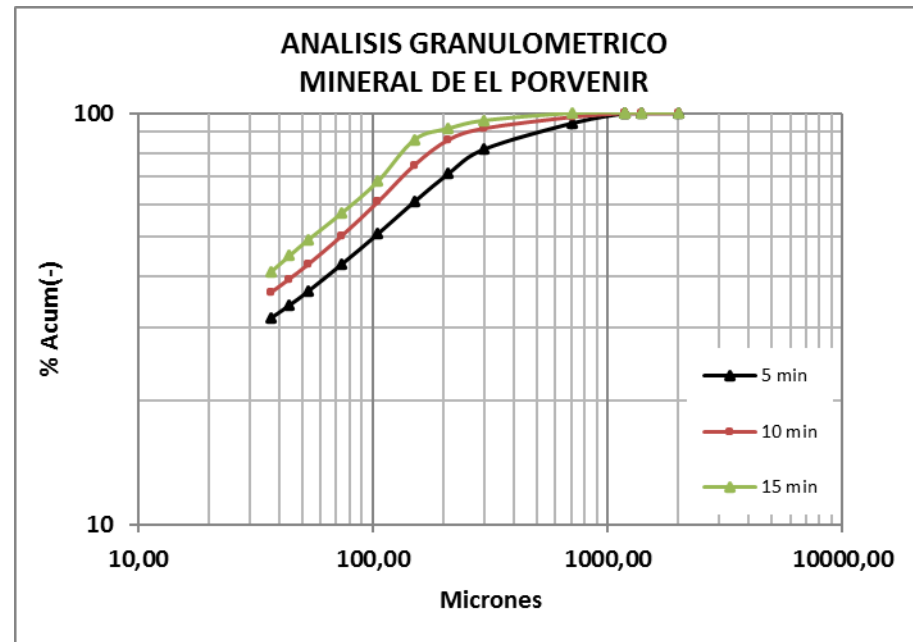
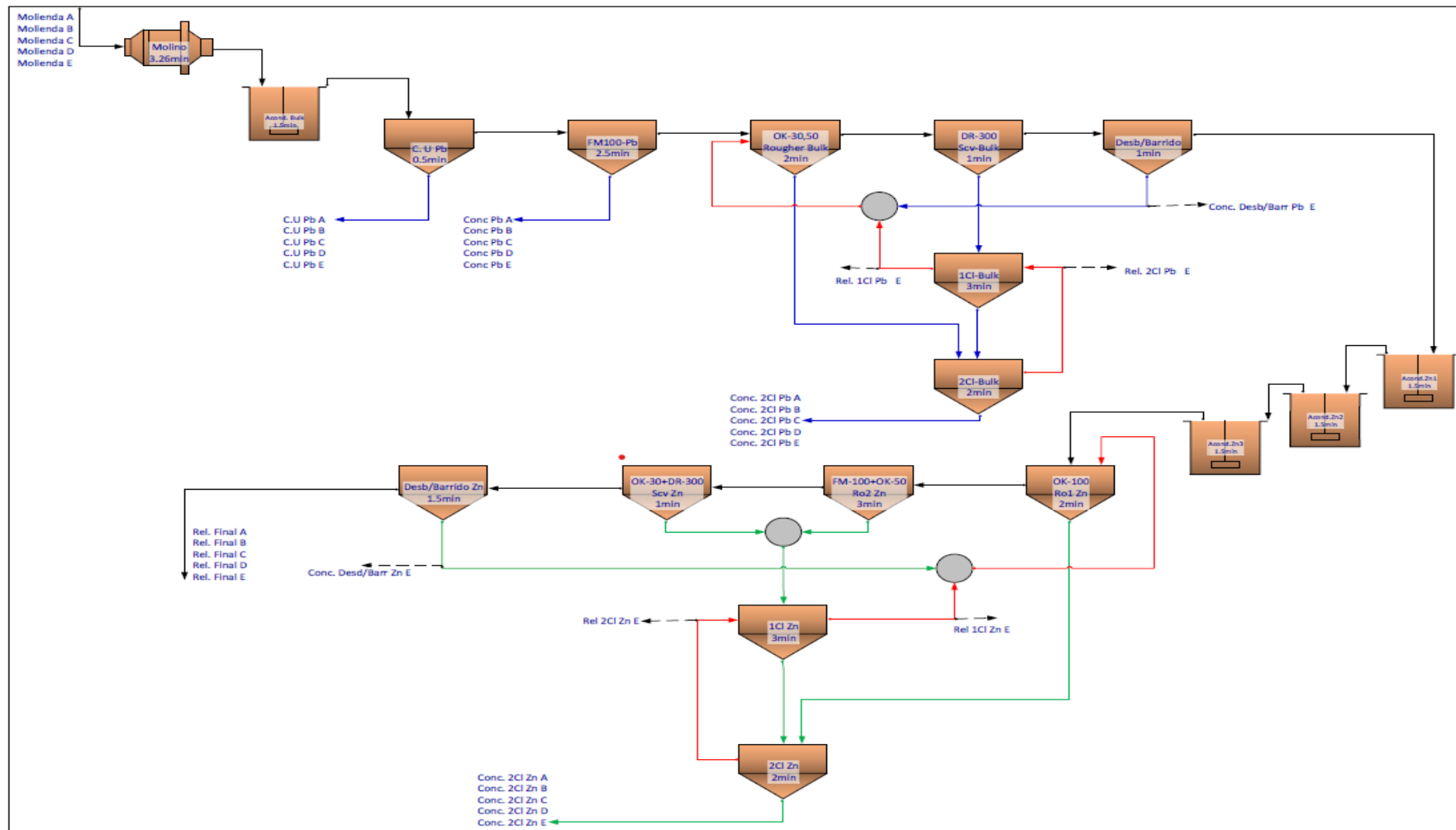


DIAGRAMA DE FLUJO PARA LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN



ANEXO 2

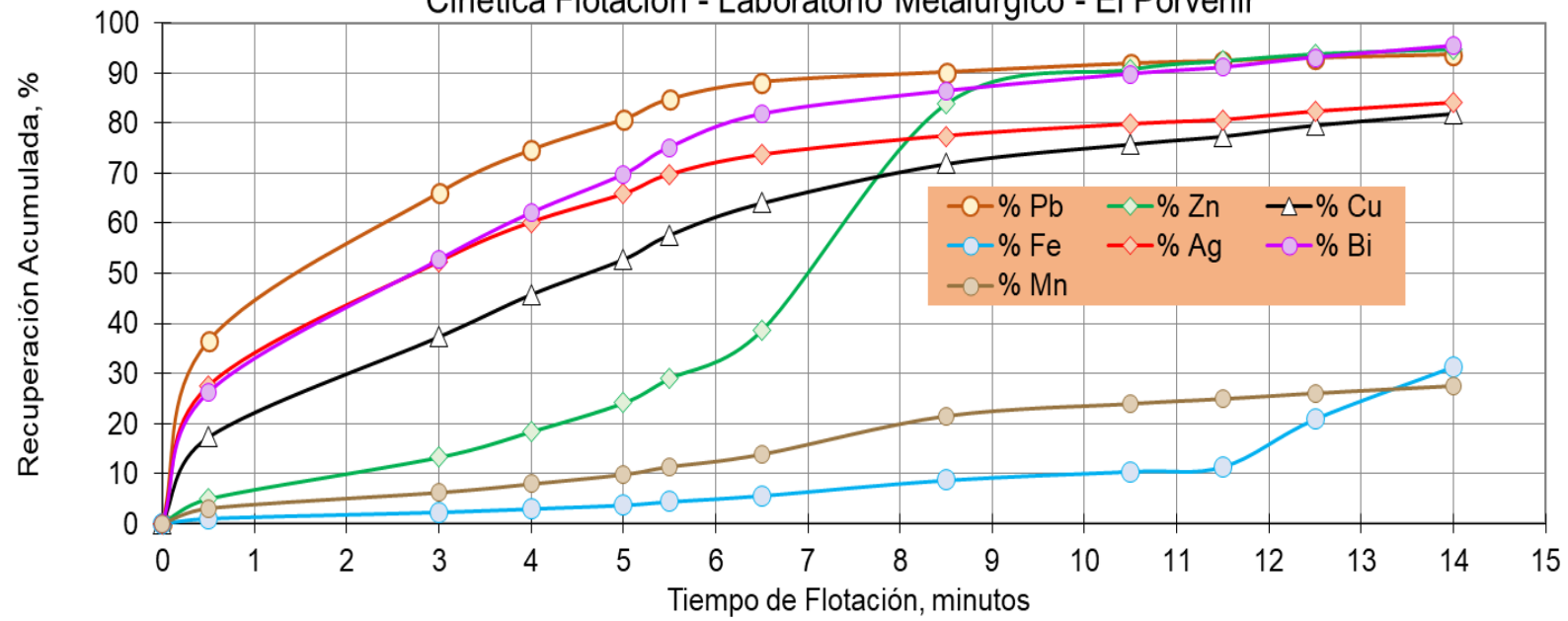
CINETICA FLOTACIÓN

Etapas de Flotación		Reactivos g/t, Circuito Bulk									Condiciones de Flotación				
	ZnSO ₄	NaCN	F-4234	Z-11	MIBC						RPM	T, min	T, min acum	pH	Aire NI/min
Molienda	52.0	17.0	9.0								110	3.3			
Acond. 1	23.0	7.0		6.0	20.0						1200	1.5			
Ro1Bulk Pb											1200	0.5	0.5	8.60	10.00
Ro2Bulk Pb											1200	2.5	3.0	8.68	10.00
Ro3Bulk Pb											1200	1.0	4.0	8.67	10.00
Ro4Bulk Pb											1200	1.0	5.0	8.66	11.00
Ro5Bulk Pb	22.0			2.0	1.0						1200	0.5	5.5	8.60	12.00
Ro6Bulk Pb											1200	1.0	6.5	8.59	10.00
Total	97.0	24.0	9.0	8.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1200	6.5		8.63	10.50

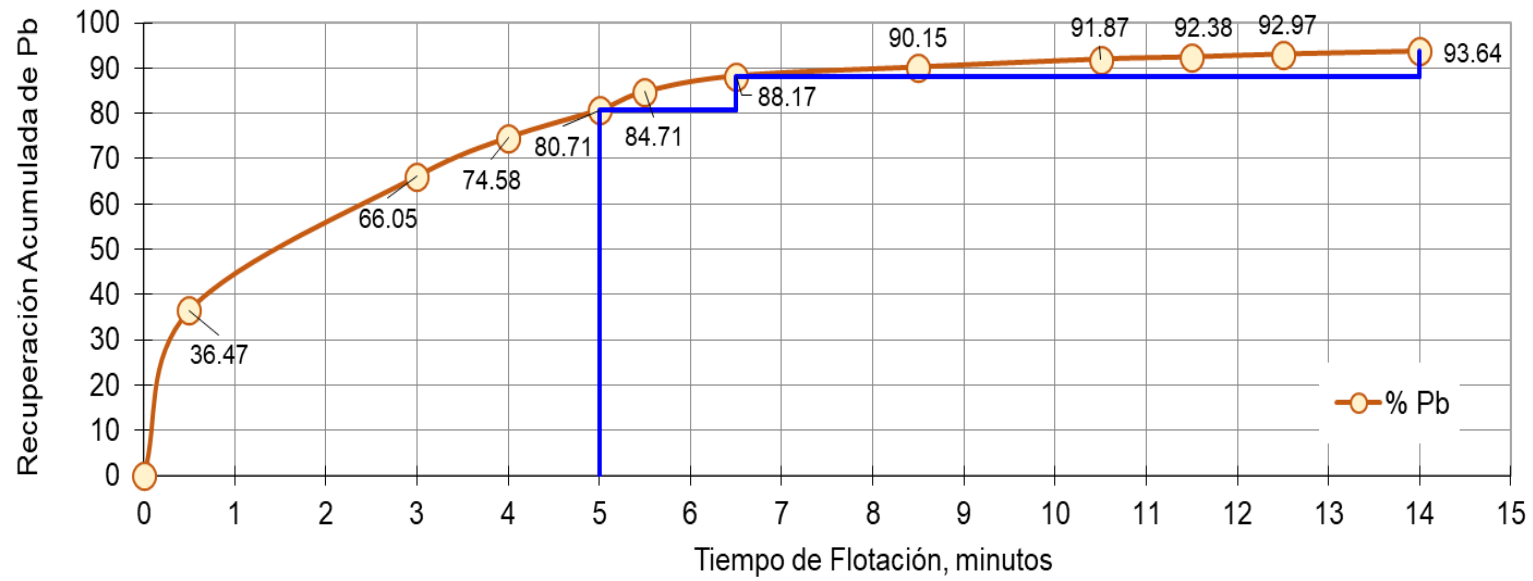
[illegible]

Productos	T flot, Min	Peso, g	Peso, %	ENSAYES							DISTRIBUCIÓN							CONTENIDO METALICO						
				Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	t, Bi	t, Mn
Cabeza	0										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	
Conc. 1 bulk	0.50	10.40	1.16	59.12	43.31	13.18	2.76	8.14	0.41	0.73	27.53	36.47	4.96	17.29	1.04	26.23	3.09	614.82	4.50	1.37	0.29	0.85	0.04	0.08
Conc. 2 bulk	3.00	22.52	2.51	51.88	36.23	16.26	2.75	8.34	0.38	0.68	52.33	66.05	13.26	37.37	2.31	52.71	6.23	1168.8	8.16	3.66	0.62	1.88	0.09	0.15
Conc. 3 bulk	4.00	28.29	3.15	47.51	32.56	17.94	2.69	8.54	0.36	0.69	60.19	74.58	18.37	45.81	2.97	62.06	7.94	1344.0	9.21	5.08	0.76	2.41	0.10	0.19
Conc. 4 bulk	5.00	34.63	3.86	42.46	28.79	19.24	2.53	8.73	0.33	0.69	65.85	80.71	24.11	52.83	3.72	69.73	9.83	1470.4	9.97	6.66	0.88	3.02	0.11	0.24
Conc. 5 bulk	5.50	39.78	5.55	39.14	26.30	20.14	2.41	8.97	0.31	0.70	69.73	84.71	29.01	57.69	4.39	75.16	11.3	1557.1	10.4	8.01	0.96	3.57	0.12	0.28
Conc. 6 bulk	6.50	49.78	8.90	33.05	21.88	21.41	2.14	9.14	0.27	0.68	73.67	88.17	38.59	64.07	5.60	81.79	13.8	1645.1	10.8	10.6	1.06	4.55	0.13	0.34
Conc. 1 Zn	8.50	79.82	10.36	21.66	13.95	29.02	1.50	8.83	0.18	0.66	77.43	90.15	83.86	71.93	8.68	86.40	21.4	1728.9	11.1	23.1	1.19	7.05	0.14	0.53
Conc. 2 Zn	10.5	92.97	11.14	19.16	12.21	26.97	1.35	9.10	0.16	0.63	79.78	91.87	90.76	75.86	10.42	89.79	23.9	1781.5	11.3	25.0	1.26	8.46	0.15	0.59
Conc. 3 Zn	11.5	99.91	13.52	18.02	11.42	25.56	1.29	9.25	0.15	0.61	80.64	92.38	92.46	77.43	11.38	91.11	24.8	1800.7	11.4	25.5	1.29	9.24	0.15	0.61
Conc. 4 Zn	12.5	121.31	16.54	15.15	9.47	21.37	1.09	13.98	0.13	0.52	82.28	92.97	93.83	79.65	20.88	93.08	26.0	1837.3	11.4	25.9	1.32	16.96	0.15	0.64
Conc. 5 Zn	14.0	148.39	100.0	12.65	7.79	17.65	0.92	17.14	0.10	0.45	84.04	93.64	94.80	81.96	31.33	95.41	27.4	1876.6	11.5	26.1	1.36	25.44	0.16	0.67
Cabeza Calculado		896.9	200.0	2.49	1.38	3.08	0.19	9.05	0.02	0.27	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	2233.01	12.3	27.62	1.66	81.21	0.16	2.45

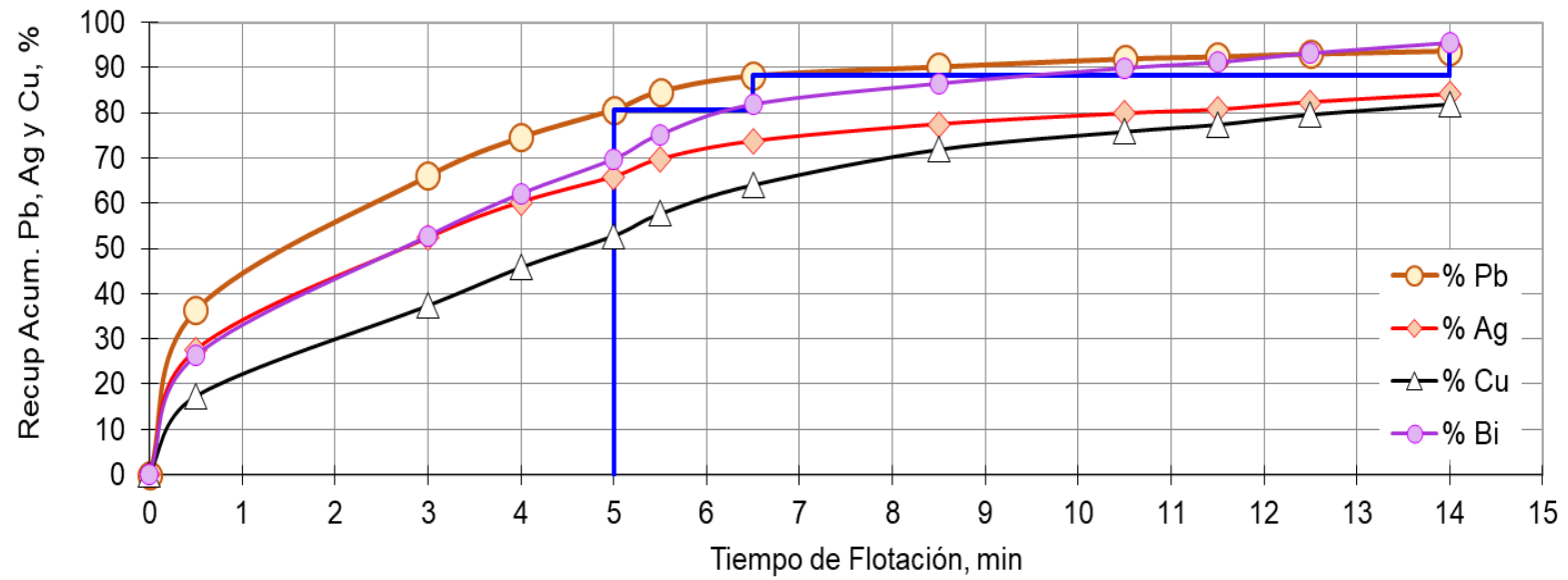
Cinética Flotación - Laboratorio Metalurgico - El Porvenir



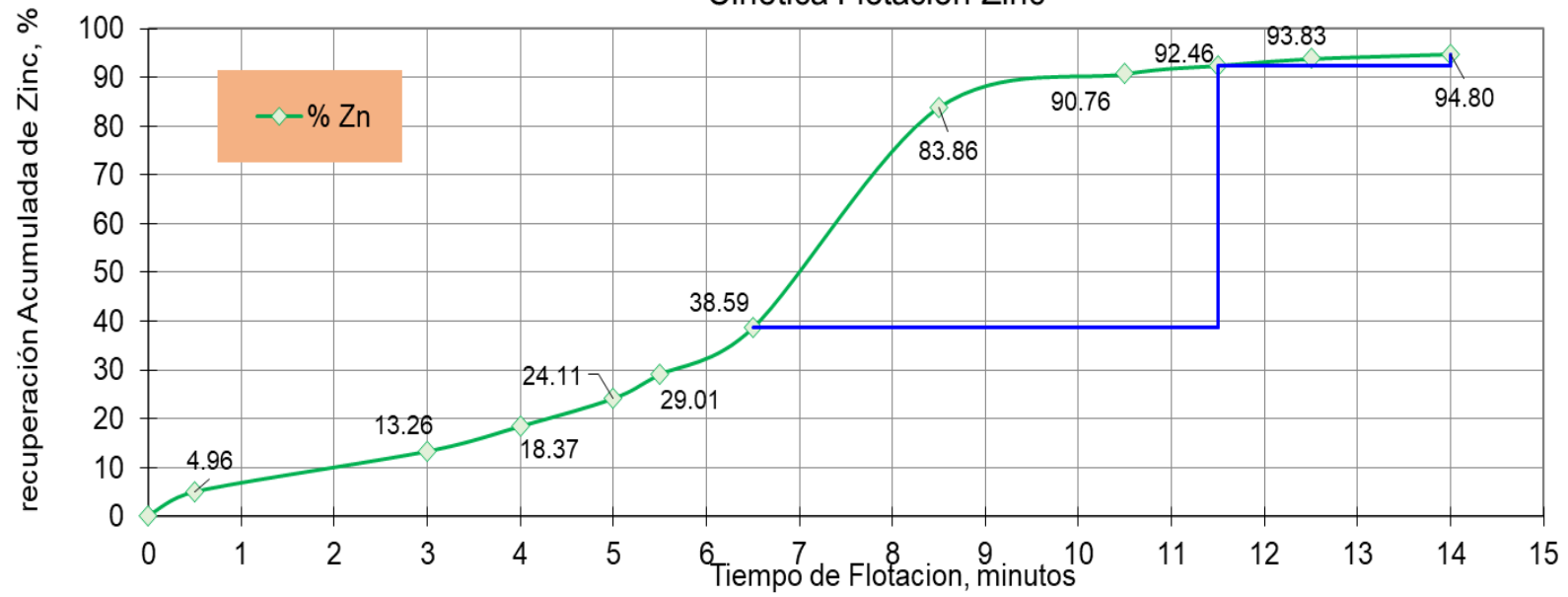
Cinética Flotación Plomo

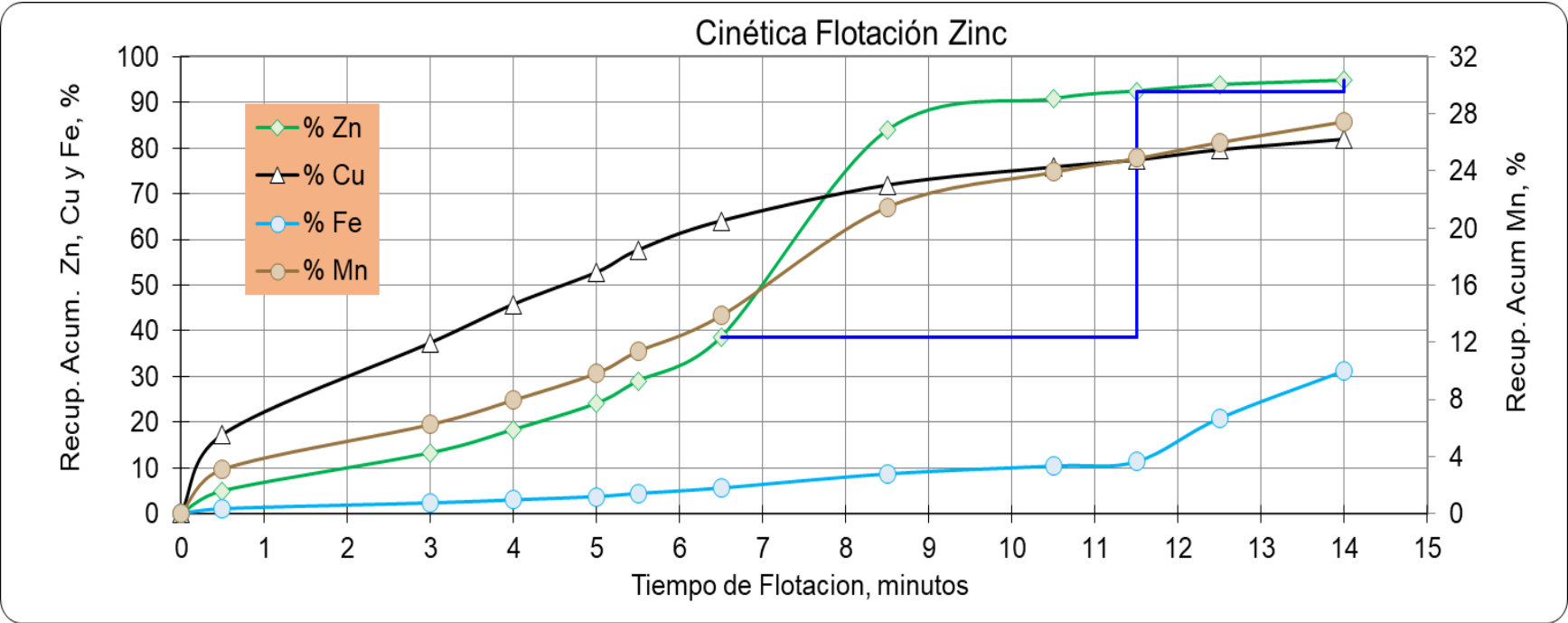


Cinética Flotación Plomo



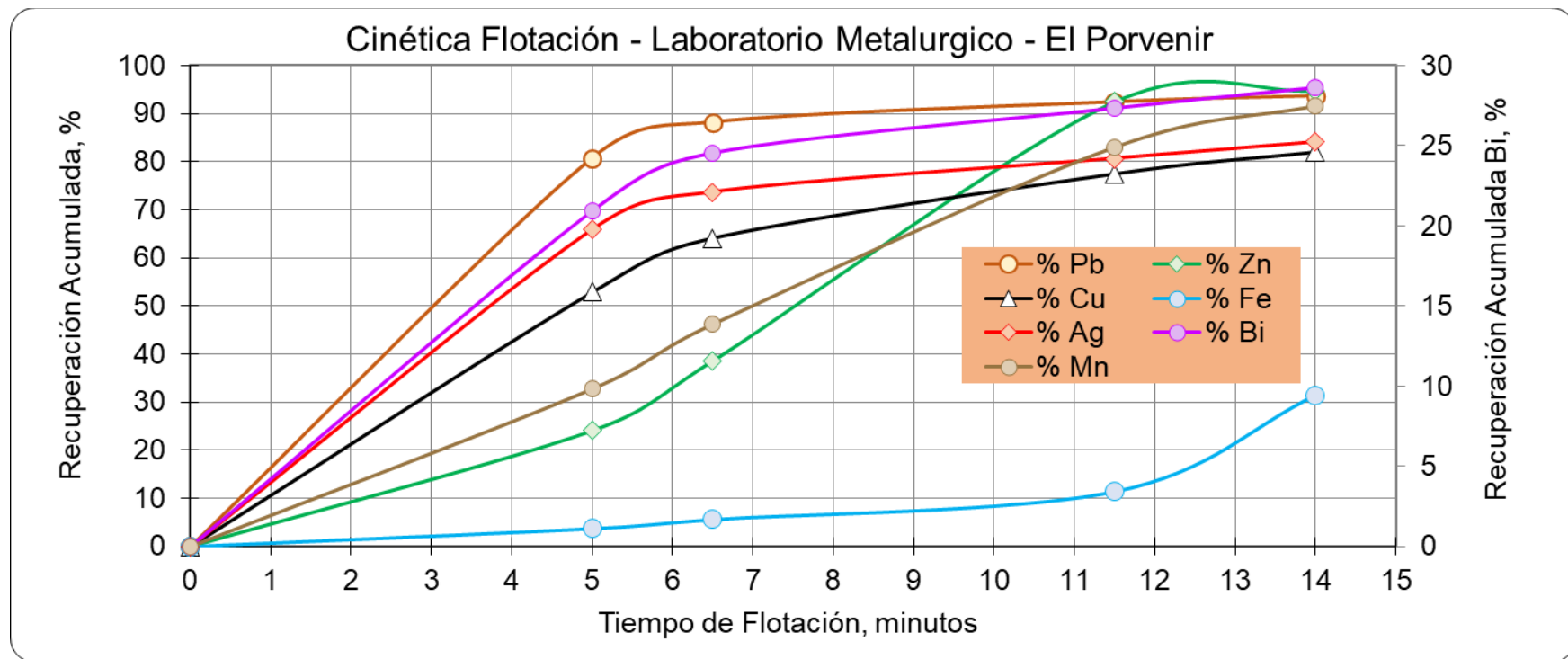
Cinética Flotación Zinc





Productos	T flot, Min	Peso, g	Peso, %	ENSAYES							DISTRIBUCIÓN							CONTENIDO METALICO						
				Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	t, Bi	t, Mn
Cabeza	0										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	
Conc. Ro Bulk	5.00	34.63		42.46	28.79	19.24	2.53	8.73	0.33	0.69	65.85	80.71	24.11	52.83	3.72	69.73	9.83	1470.4	9.97	6.66	0.88	3.02	0.11	0.24
Conc. Scv Bulk	6.50	15.15		11.53	6.09	26.39	1.23	10.0	0.13	0.65	7.82	7.46	14.47	2.34	1.88	12.06	4.03	174.66	0.92	4.00	0.19	1.52	0.02	0.10
Conc. Ro Zn	11.50	50.13		3.10	1.04	29.68	0.44	9.36	0.03	0.54	6.97	4.20	53.87	13.35	5.78	9.32	11.03	156.62	0.52	14.88	0.22	4.69	0.02	0.27
Conc. Scv Zn	14.00	48.48		1.57	0.32	1.33	0.16	33.42	0.01	0.13	3.40	1.26	2.34	4.53	19.95	4.30	2.58	75.94	0.16	0.65	0.08	16.20	0.01	0.06
Relave final		748.60		0.48	0.11	0.19	0.04	7.45	0.00	0.24	15.96	6.36	5.20	18.04	68.67	4.59	72.53	356.33	0.79	1.44	0.30	55.77	0.01	1.77
Cabeza Calculada		896.99		2.49	1.38	3.08	0.19	9.05	0.02	0.27	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	2233.01	12.35	27.62	1.66	81.21	0.16	2.45

Productos	T flot, Min	Peso, g	Peso, %	ENSAYES							DISTRIBUCIÓN							CONTENIDO METALICO						
				Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Bi	% Mn	Oz, Ag	t, Pb	t, Zn	t, Cu	t, Fe	t, Bi	t, Mn
Cabeza	0										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	
Conc. Ro Bulk	5.00	34.63		42.46	28.79	19.24	2.53	8.73	0.33	0.69	65.85	80.71	24.11	52.83	3.72	69.73	9.83	1470.4	9.97	6.66	0.88	3.02	0.11	0.24
Conc. Scv Bulk	6.50	49.78		33.05	21.88	21.41	2.14	9.14	0.27	0.68	73.67	88.71	38.59	64.07	5.60	81.79	13.8	1645.12	10.8	10.66	1.06	4.55	0.13	0.34
Conc. Ro Zn	11.50	99.91		18.02	11.42	25.56	1.29	9.25	0.15	0.61	80.64	92.38	92.46	77.43	11.38	91.11	24.9	1800.73	11.4	25.54	1.29	9.24	0.15	0.61
Conc. Scv Zn	14.00	148.39		12.65	7.79	17.65	0.92	17.14	0.10	0.45	84.04	93.64	94.80	81.96	31.33	95.41	27.4	1876.67	11.5	26.19	1.36	25.44	0.16	0.67
Relave final		896.99		2.49	1.38	3.08	0.19	9.05	0.02	0.27	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.0	2233.01	12.3	27.62	1.66	81.21	0.16	2.45



ANEXO 3

BALANCE METALÚRGICO PRUEBA 1

Productos	t	ENSAYES					DISTRIBUCIÓN				
		Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
Alimento	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cl II	189	54.78	44.22	10.03	2.47	8.22	69.76	83.40	10.08	41.46	2.84
Relave Bulk	6161	0.73	0.27	2.75	0.11	8.66	30.24	16.60	89.92	58.54	97.16
Cab. Calc.	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

BALANCE METALÚRGICO PRUEBA 2

Productos	t	ENSAYES					DISTRIBUCIÓN				
		Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
Alimento	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cl II	219	52.09	40.62	10.34	2.46	9.04	76.49	88.36	11.98	47.53	3.60
Relave Bulk	6131	0.57	0.19	2.71	0.10	8.64	23.51	11.64	88.02	52.47	96.40
Cab. Calc.	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

BALANCE METALÚRGICO PRUEBA 3

Productos	t	ENSAYES					DISTRIBUCIÓN				
		Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
Alimento	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cl II	193	61.14	45.70	9.08	3.06	7.78	79.48	88.01	9.31	52.45	2.74
Relave Bulk	6157	0.50	0.20	2.78	0.09	8.68	20.52	11.99	90.69	47.55	97.26
Cab. Calc.	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

BALANCE METALÚRGICO PRUEBA 4

Productos	t	ENSAYES					DISTRIBUCIÓN				
		Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
Alimento	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cl II	201	60.15	41.67	10.09	2.96	8.80	81.32	83.45	10.76	52.69	3.22
Relave Bulk	6149	0.45	0.27	2.74	0.09	8.65	18.68	16.55	89.24	47.31	96.78
Cab. Calc.	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

BALANCE METALÚRGICO PRUEBA 5

Productos	t	ENSAYES					DISTRIBUCIÓN				
		Oz/t Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe	% Ag	% Pb	% Zn	% Cu	% Fe
Alimento	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cl II	208	52.57	41.03	10.17	2.65	9.67	73.46	84.94	11.22	48.81	3.66
Relave Bulk	6142	0.64	0.25	2.73	0.09	8.62	26.54	15.06	88.78	51.19	96.34
Cab. Calc.	6350	2.34	1.58	2.97	0.18	8.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

**ANEXO 4: “Evaluación del Reactivo AP-3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa
minera Nexa Resources, unidad minera el Porvenir”.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOS
Problema General: ¿De qué manera influye la evaluación del reactivo AP 3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources , Unidad minera El Porvenir?. PROBLEMA ESPECÍFICOS: - ¿Como influye la reducción del reactivo AP 3418 en la calidad de concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources , unidad minera El Porvenir?. - ¿Como influye la reducción del reactivo AP 3418 en el costo de producción del concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources , unidad minera El Porvenir?.	Objetivo General Evaluación del reactivo AP 3418 para reducir su consumo en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources, unidad minera El Porvenir. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: - Determinar la influencia de la reducción del consumo del reactivo AP 3418, en la calidad de concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources , unidad minera El Porvenir. - Determinar la influencia de la reducción del consumo del reactivo AP 3418, en el costo de producción del concentrado, en la planta concentradora de la empresa minera Nexa Resources , unidad minera El Porvenir.	Hipótesis General La dosificación del reactivo AP-3418 al circuito de flotación tiene efecto significativo en la recuperación del concentrado bulk. HIPÓTESIS ESPECIFICO -La reducción en la dosificación de AP-3418 permitirá obtener un concentrado de la misma calidad. -La reducción del consumo del reactivo AP-3418 permitirá obtener beneficios económicos a la empresa.	Variable independiente (X) Evaluación del reactivo AP-3418. Variable dependiente (Y) - Reducción del consumo de AP-3418.	El presente estudio de investigación por ser de naturaleza práctica ha utilizado los métodos de Experimentación, análisis y síntesis. Experimentación se refiere a las pruebas empíricas realizadas con el fin de obtener datos y validar hipótesis. Análisis, la información obtenida durante los experimentos se ha utilizado para interpretar los resultados y llegar a las conclusiones. Síntesis, la técnica utilizada permite realizar una explicación coherente y comprensible de los resultados obtenidos durante los experimentos.

ANEXO 5

HOJA MSDS AEROPHINES 3418

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD	
AEROPHINES® 3418A PROMOTER	
Fecha de revisión: 11.11.2021	
SECCIÓN 1. Identificación del producto químico y de la empresa	
1.1 Identificador del producto	
- Nombre comercial	AEROPHINES® 3418A PROMOTER
1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados	
<u>Usos de la sustancia / mezcla</u>	
- Químicos para minería	
1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad	
<u>Compañía</u>	
Cytac Chile Limitada Las Dalias 2718, Maipú Santiago, Chile Telephone: +56-22-500-79-48	
<u>E-mail de contacto</u>	
manager.sds@solvay.com	
1.4 Teléfono de emergencia	
+56 2 2582 9336 (CareChem 24)	
Exención de responsabilidad	
El símbolo ® indica una marca registrada en los Estados Unidos y el ™ indica una marca comercial en los Estados Unidos. La marca también puede estar registrada, pendiente de una solicitud para su registro o ser una marca comercial en otros países.	
SECCIÓN 2. Identificación de los peligros	
<u>Clasificación según NCh382</u>	
- No clasificado según NCh382	
<u>Distintivos según NCh2190</u>	
- No etiquetado según NCh2190	
<u>Clasificación SGA (GHS)</u>	
Toxicidad aguda, Categoría 5	H303: Puede ser nocivo en caso de ingestión.
Lesiones oculares graves, Categoría 1	H318: Provoca lesiones oculares graves.
Sensibilización cutánea, Categoría 1	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
PRCD00072796	
Versión: 2.02 / CL (ES)	
www.solvay.com	
1 / 16	
	

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

AEROPHINE® 3418A PROMOTER

Fecha de revisión: 11.11.2021

3.2 Mezcla

- Naturaleza química: Deltamethrinato modificado

Información sobre Componentes e Impurezas

Nombre químico	Nº. CAS	Clasificación SGA	Concentración [%]
Deltamethrinato	50663-19-9	Toxicidad aguda, Categoría 5; H303 Sensibilización cutánea, Sub-categoría 1B; H317 Lesiones oculares graves, Categoría 1; H318	48 - 60

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

En caso de inhalación

- Alejar rápidamente a la persona de la zona contaminada. Hacer que la persona descanse.
- Consultar al médico.
- Mostrar esta hoja al médico.
- Esté preparado para proporcionar primeros auxilios o asistencia médica si fuera necesario.

En caso de contacto con la piel

- Lavar inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos.
- Llevar equipos de protección adecuados a la hora de tratar a una persona contaminada.
- Consultar al médico.
- Mostrar esta hoja al médico.
- Esté preparado para proporcionar primeros auxilios o asistencia médica si fuera necesario.

En caso de contacto con los ojos

- Enjuagar inmediatamente con abundante agua, también debajo de los párpados, al menos durante 15 minutos.
- Mantenga el ojo bien abierto mientras se lava.
- Mostrar esta hoja al médico.
- Obtener siempre asistencia médica aunque no haya síntomas.
- Esté preparado para proporcionar primeros auxilios o asistencia médica si fuera necesario.

En caso de ingestión

- No provocar el vómito.
- Requiere atención médica inmediata.
- Mostrar esta hoja al médico.
- No le dé nada de beber.
- Esté preparado para proporcionar primeros auxilios o asistencia médica si fuera necesario.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Efectos

- La exposición puede tener efectos sobre la salud.
- Los efectos dependerán de los órganos diana.
- La exposición crónica puede causar dermatitis alérgica.
- La exposición puede provocar rinitis alérgica, conjuntivitis, asma o shock.
- La ingestión puede ocasionar irritación gastrointestinal, náusea, vómito y diarrea.
- Riesgo de trastorno respiratorio.
- La exposición crónica puede causar dermatitis.

PRC090672785
Versión: 2.00 / CL (ES)

www.solvay.com

AEROPHINE® 3418A PROMOTER

Fecha de revisión: 11.11.2021

- Puede lesionar los ojos de forma irreversible.
- Pérdida del ojo.

Síntomas

- Los síntomas dependerán de los órganos diana.
- La inhalación puede provocar los síntomas siguientes:
 - Tos
 - Dificultades respiratorias
 - Irritación
 - Rajez
 - Hinchamiento del tejido
- La ingestión puede provocar los síntomas siguientes:
 - Náusea
 - Diarrea
 - Dolor abdominal
 - Reacción alérgica
 - Reacciones alérgicas graves en la piel, broncoespasmo y choque anafiláctico
 - Escoror
 - Dermatitis
 - Provoca quemaduras en la piel
 - Raspadura
 - Conjuntivitis
 - Provoca quemaduras en los ojos.
 - El gas quita el sentido del olfato. La detección de la presencia de gas no depende del olor.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deben dispensarse inmediatamenteNotas para el médico:

- Mantener el soporte vital si es necesario.
- Si los síntomas persisten, lleve a la víctima al hospital.
- Consultar a un médico.
- Otolmólogo de urgencia en todos los casos.
- Las quemaduras deben ser tratadas por un médico.
- Tratar sintomáticamente.
- Ponerse en contacto con el centro de control de envenenamiento.
- Realice un seguimiento médico durante 48 horas al menos.

SECCIÓN 5. Medidas para lucha contra incendios**5.1 Medios de extinción**Medios de extinción apropiados

- Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezclaPeligros específicos en la lucha contra incendios

- Bajo condiciones de fuego:
- Aumenta
- Libera gases tóxicos por combustión.

Productos de combustión peligrosos:

- Se puede formar dióxido de azufre o sulfuro de hidrógeno en condiciones de fuego.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

ANEXO 6

FOTOS DE FLOTACIÓN

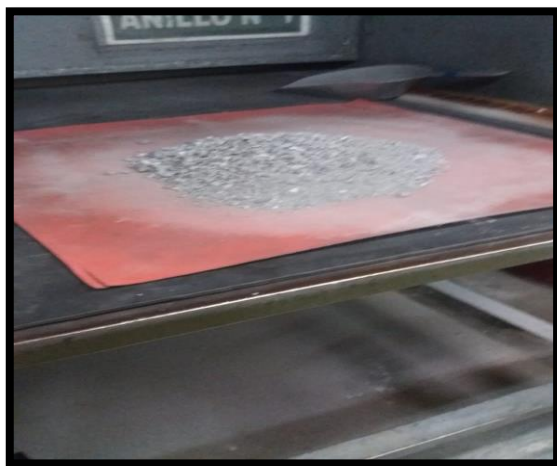


Foto 01: Muestreo de mineral

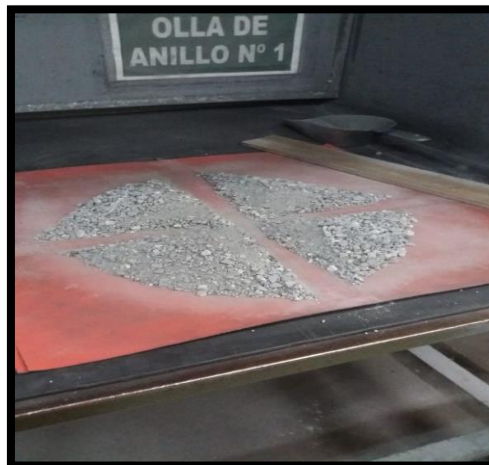


Foto 02: Cuarteo del mineral



Foto 03: Pesado de mineral



Foto 04: Molienda del mineral



Foto 05: mineral molido



Foto 06: dosificación del reactivo



Foto 07: Flotación de minerales



Foto 08: Productos de flotación



Foto 09: Productos de flotación



Foto 10: Muestra de concentrado