

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

Evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc

por flotación en el Prospecto Saturno – Chupaca – 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Carolay Devorath CHAVEZ CALLUPE

Asesor:

Dr. Cayo PALACIOS ESPIRITU

Cerro de Pasco – Perú – 2025

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



T E S I S

**Evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc
por flotación en el Prospecto Saturno – Chupaca – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO

PRESIDENTE

Mg. José Eli CASTILLO MONTALVAN

MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°234-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

CHAVEZ CALLUPE, Carolay Devorath

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalúrgica

Tipo de trabajo:

Tesis

“Evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el Prospecto Saturno – Chupaca – 2023”

Asesor:

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. PALACIOS ESPÍRITU, Cayo

Índice de Similitud: **29 %**

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 13 de diciembre del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28.08.2024 15:48:49 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en este camino, y a mis padres, por su apoyo incondicional, por su amor constante y por darme el regalo más grande: la oportunidad de aprender y ser quien soy hoy. Gracias por siempre creer en mí, por darme fuerzas para seguir adelante y por brindarme la posibilidad de alcanzar mis sueños a través de mi profesión.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por no haberme desamparado en los momentos más difíciles de mi carrera profesional. A mi madre, mi padre y mis hermanos, por sus sabios consejos, palabras de aliento y su apoyo incondicional que me impulsaron a alcanzar cada una de las metas que me propuse.

Extiendo mi gratitud a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, que, a través de sus docentes comprometidos, contribuyó significativamente a mi formación como un profesional íntegro en la carrera de Ingeniería Metalúrgica.

También agradezco sinceramente a todas las empresas mineras del centro del Perú que me brindaron la oportunidad de crecer profesionalmente, permitiéndome adquirir valiosas experiencias que hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar una evaluación experimental de la smithsonita para la recuperación de zinc por flotación, utilizando la smithsonita existente en el prospecto Saturno. Con un enfoque cuantitativo, el proceso metodológico fue de tipo aplicado, nivel predictivo, utilizando el método científico, de naturaleza inductiva-deductiva y diseño experimental. La reserva probable asciende a 1 276 938 TM, con una ley media de 29,26% de zinc. La muestra de 80 kg obtenida mediante un muestreo aleatorio simple permitió realizar las pruebas experimentales de flotación, previo acondicionamiento con Na₂S por 7 minutos, a un pH de 11, obteniendo recuperaciones superiores al 80% de zinc. Se utilizó el software Molycop y Excel para procesar datos de la investigación, obteniendo un P80 de óptimo de 80% malla -200 a un tiempo de 10 min. El estadístico empleado para la contrastación de hipótesis fue la prueba T de Student, cuyos resultados, para un $\alpha = 0,05$, varianza = 2,6 y un valor de prueba de 1,27, indicaron que el resultado obtenido se encuentra en la región crítica, lo que permite aceptar la hipótesis de investigación. En conclusión, la flotación es el proceso adecuado para la recuperación de zinc, después de acondicionar la superficie del mineral con sulfuro de sodio.

Palabras claves: Caracterización mineralógica, ratio de concentración, acondicionamiento.

ABSTRACT

This research aimed to develop an experimental evaluation of smithsonite for zinc recovery by flotation, using the existing smithsonite at the Saturno prospect. With a quantitative approach, the methodological process was applied, predictive level, using the scientific method, inductive-deductive nature and experimental design. The probable reserve amounts to 1,276,938 MT, with an average grade of 29.26% zinc. The 80 kg sample obtained through simple random sampling allowed experimental flotation tests to be carried out, after conditioning with Na₂S for 7 minutes, at a pH of 11, obtaining recoveries greater than 80% of zinc. Molycop and Excel software were used to process research data, obtaining an optimal P80 of 80% -200 mesh at a time of 10 min. The statistic used to test the hypotheses was the Student T test, whose results, for an $\alpha = 0.05$, variance = 2.6 and a test value of 1.27, indicated that the result obtained is in the critical region, which allows accepting the research hypothesis. In conclusion, flotation is the appropriate process for zinc recovery, after conditioning the mineral surface with sodium sulfide.

Keywords: Mineralogical characterization, concentration ratio, conditioning.

INTRODUCCIÓN

El prestigio de las universidades se mide en gran parte por las investigaciones que publican. La generación de conocimiento es una de sus principales preocupaciones y constituye su razón de ser. A nivel global, todos los programas académicos proponen un modelo curricular basado en competencias, con el objetivo de formar profesionales capaces de resolver problemas significativos de la sociedad e innovar en el conocimiento.

La tesis es la prueba “de fuego” que demuestra las competencias requeridas para obtener el título profesional. Se espera de ella una evidencia indiscutible de las competencias de investigación aprendidas en las aulas universitarias y se aplique al campo profesional.

El presente proyecto, titulado “*Evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023*”, es interesante porque se trata de un afloramiento interesante con valores de zinc y que requiere una explotación a gran escala con tecnología propia.

Los estudios desarrollados a través del muestreo y posterior tratamiento confirman que la concentración de zinc por flotación obtiene altas recuperaciones, tomando especial cuidado en el acondicionamiento con los reactivos adecuados. Se encuentra dividido en cuatro capítulos; sigue una secuencia lógica propia de los proyectos de investigación, del siguiente modo:

CAPÍTULO I. Se determina la problemática, para formularlo en preguntas, sobre como caracterizar a los mantos calizas con presencia de smithsonita, con las subpreguntas que consisten en el análisis microscópico y pruebas de concentración diversas. Su objetivo está referido a demostrar las características mineralógicas de material en

explotación, justificando la presente investigación, dada la importancia que significa llevarlo a explotar el yacimiento en forma sostenible.

CAPÍTULO II. Se expone tres antecedentes referidos al tema, dos investigaciones nacionales y una internacional, plasmados en tesis, seguido de una descripción de las bases teóricas desde una perspectiva general a específica de los métodos de tratamiento por flotación; definir los términos básicos; se plantea las hipótesis y se define las variables de operación.

CAPÍTULO III. Comprende el método de investigación: experimental; nivel experimental y tipo aplicativo, desarrollando las pruebas experimentales preestablecidas en el diseño estadístico, sobre una población que corresponde toda el área donde aflora la mineralización; Cubicando el yacimiento y sobre ello diseñar el método de muestreo a seguir, continuando las etapas de investigación previamente establecidas.

CAPÍTULO IV. Los resultados obtenidos luego de ser procesados en el capítulo anterior se presentan en tablas y ecuaciones, para luego contrastar la hipótesis, demostrándose el nivel de aceptación de los datos.

CONCLUSIONES. Se concluye que el yacimiento es prometedor; las leyes de zinc existentes demostradas en el muestreo y la concentración por flotación a nivel laboratorio sugieren que la rentabilidad es mayor del proyecto.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

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 de la investigación.	4
1.5.1. Justificación teórica	4
1.5.2. Justificación metodológica	4
1.5.3. Justificación práctica	4
1.6. Limitaciones de la investigación.	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
------------------------------------	---

2.2. Bases teóricas – científicas.....	9
2.3. Definición de términos básicos.....	17
2.4. Formulación de hipótesis.....	17
2.4.1. Hipótesis General	17
2.4.2. Hipótesis Específicas	18
2.5. Identificación de variables.....	18
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.	19

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	20
3.2. Nivel de investigación	20
3.3. Métodos de investigación	20
3.4. Diseño de investigación.....	21
3.5. Población y muestra.....	21
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	23
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	24
3.8. Tratamiento estadístico.....	26
3.9. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	24
3.10. Orientación ética.....	26

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.	27
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	29
4.3. Prueba de hipótesis	43
4.4. Discusión de resultados.	45

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Smithsonita	9
Figura 2 Estructura química del carbonato de zinc	10
Figura 3 Proceso de flotación en una celda Denver Sub A - 32.....	11
Figura 4 Clasificación de flotación de minerales	12
Figura 5 Semiconductores	14
Figura 6 Diagrama del potencial de corriente	16
Figura 7 Mantos con carbonatos de zinc	22
Figura 8 Diseño de los puntos a desarrollar las calicatas	28
Figura 9 Toma de muestras	29
Figura 10 Análisis granulométrico de molienda a 6 minutos.....	31
Figura 11 Análisis granulométrico de molienda a 10 minutos.....	32
Figura 12 Función objetivo	33
Figura 13 Reconocimiento macroscópico de la smithsonita extraído del prospecto Saturno.....	35
Figura 14 Vista macroscópica de smithsonita en el prospecto Saturno	35
Figura 15 Diagrama de pruebas.....	37
Figura 16 % de flotabilidad versus tiempo de acondicionamiento	38
Figura 17 Flotación de smithsonita en función al pH y concentración de eterdiamina	39
Figura 18 Pruebas de flotación con Na ₂ S y eterdiamina en función al tiempo de acondicionamiento.....	39
Figura 19 Flotación de smithsonita con MgCl ₂ y CaCl ₂ como acondicionadores	40
Figura 20 Flotación de smithsonita en función de la concentración de reactivos acondicionadores	41
Figura 21 Flotación de smithsonita acondicionada con MgCl ₂ a diferentes concentraciones	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis químico del mineral de cabeza.....	34
Tabla 2: Balance metalúrgico de las pruebas de flotación en función con eterdiamina y 7 minutos de acondicionamiento.	38
Tabla 3: Balance metalúrgico de las pruebas de flotación en función con eterdiamina y 10 minutos de acondicionamiento.	38
Tabla 4: Flotación de smithsonita con Na_2S y tiempo de acondicionamiento	40
Tabla 5: Flotación de smithsonita con eterdiamina en función al tiempo de acondicionamiento.....	40
Tabla 6: Flotación de smithsonita con MgCl_2 como acondicionador	41
Tabla 7: Flotación de smithsonita con CaCl_2 como acondicionador.....	41
Tabla 8: Flotación de smithsonita a 1 g/l de MgCl_2 como acondicionador.....	42
Tabla 9: Flotación de smithsonita a 1 gr/l de CaCl_2 como acondicionador.....	42
Tabla 10: Flotación de smithsonita a 5 g/l de MgCl_2 como acondicionador.....	42
Tabla 11: Flotación de smithsonita a 5 g/l de CaCl_2 como acondicionador.....	42

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.

En el Perú se encuentran muchos yacimientos polimetálicos ubicados en la cordillera de los andes aún inexplorados, de los cuales se puede extraer una apreciable cantidad de minerales, en determinados lugares extraen los mineros informales y artesanales. El proceso que siguen es: extracción y traslado a las plantas concentradoras para procesarlo por flotación o por diversos métodos; el zinc en forma de sulfuros es recuperado por flotación, pero también se tiene mineralógicamente formando carbonatos y con apreciables reservas, siendo esta presentación mineralógica una posibilidad más a recuperar zinc, después de desarrollar pruebas a nivel experimental y elegir el método tecnológico óptimo.

En el prospecto Saturno, ubicado en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca, región Junín, se encuentra un depósito mineral con presencia de carbonatos de zinc (smithsonita), que aflora en una apreciable extensión y en las fallas geológicas contienen sulfuros de plomo y plata con contenidos de oro que abarca un área de dos cuadrículas en afloramiento con esta característica, aún en

la etapa de exploración por la empresa concesionaria, amerita desarrollar trabajos de prospección geológica y evaluación metalúrgica.

Las primeras evidencias muestran la presencia de zinc en forma de carbonatos con altas concentraciones.

Los actuales precios en el mercado de este metal, permite evaluar las reservas y su posterior explotación.

La pequeña minería y artesanal en el Perú explota casi exclusivamente el oro; pero se observa a nivel nacional la apertura de muchas zonas de explotación de minerales no metálicos, generando un movimiento económico en crecimiento el cual requiere ordenamiento legal y apoyo tecnológico de parte del estado.

Se tiene afloramiento visible de un manto con una potencia de 11,50 m a 16,0 m y la empresa que tiene la concesión, desea alquilar la parte superficial a terceros; y para realizar el contrato de explotación del yacimiento de smithsonita, se requiere saber las reservas y el proceso tecnológico a seguir.

1.2. Delimitación de la investigación.

1.2.1. Delimitación espacial

El trabajo de investigación se desarrolló utilizando las muestras del prospecto minero Saturno, desarrollando las pruebas experimentales en el laboratorio privado del Consorcio empresarial AGMIN SAC – Lima.

1.2.2. Delimitación temporal

Abarcó diez meses; fecha de inicio: marzo del 2023 y fecha de término de la investigación: diciembre del 2023.

1.2.3. Delimitación conceptual

De los diferentes conceptos que abarcó la presente investigación se centra en:

Caracterización química y mineralógica; otorgado por los procesos físico químico que permite reconocer que elementos contienen los minerales y/o residuos de procesos de concentración y la asociación iónica existente entre ellos.

Flotación de carbonatos, técnica físico química que permite separar los carbonatos de zinc, de los minerales complementarios, cuantificándolos y reconociendo su asociación.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cómo desarrollar la evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el prospecto Saturno – Chupaca - 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a. PE1: ¿Cuál es la caracterización mineralógica de la smithsonita en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023?
- b. PE2: ¿De qué manera las variables de la flotación influyen en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. OE1: Determinar y desarrollar la caracterización mineralógica de la smithsonita en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.
- b. OE2: Evaluar las variables que influyen en la flotación de smithsonita para la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

1.5. Justificación de la investigación.

1.5.1. Justificación teórica

Existe poca información de trabajos realizados de flotación de carbonatos de zinc u otros minerales; los estudios existentes son más aplicados a sulfuros, pero hay un vacío entre los conceptos como química de las soluciones, teoría electroquímica, entre otros y se refleja en las experiencias realizadas donde los resultados son muy variables; por lo que se justifica que en el presente proyecto se profundiza en los conceptos teóricos.

1.5.2. Justificación metodológica

A partir de los antecedentes, se desarrolló el proceso tecnológico a seguir, para obtener resultados satisfactorios en la recuperación de carbonatos de zinc, siendo nuestro aporte a futuras experiencias.

1.5.3. Justificación práctica

En la práctica, los carbonatos no son flotables, el reto fue crear condiciones superficiales a la smithsonita, hacerlo hidrofóbica por el tiempo necesario y lograr recuperar los valores de zinc por flotación; considerando también a las soluciones residuales que deben ser estabilizadas para una explotación responsable y pueda obtenerse el permiso ambiental y social, cuando se desarrolle a nivel industrial.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Las mayores limitaciones se dieron con la falta de instrumental especializado por ejemplo difracción de rayos x, microscopía de electrónica de barrido para desarrollar pruebas experimentales. Igualmente, instrumental para desarrollar pruebas como teoría de la tensión superficial, química de las

superficies de la burbuja que se está flotando lo cual permitiría observar el comportamiento fisicoquímico de la flotación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

De la Cruz, A. (2018).“Estudio técnico a nivel laboratorio y planta piloto para el proceso de refinación de smithsonita ($ZnCO_3$) de una mina en Alta Verapaz utilizando operaciones unitarias físicas y procesos químicos de separación y concentración favorables con el medio ambiente”, para optar el título de Ingeniero Químico – Universidad San Carlos de Guatemala, tiene como objetivo general aumentar el contenido de zinc en mineral de carbonatos por medio de operaciones unitarias físicas y procesos químicos de separación y concentración, basados en sus propiedades físicas y químicas de forma favorable con el medio ambiente. Para cumplir este objetivo se midió el efecto, independiente y en conjunto de las variables velocidad de agitación y concentración de la pulpa según tabla II para la evaluación de la variable respuesta eficiencia en el aumento de zinc y la eficiencia de operación del espesador. Se elaboró un diseño experimental mediante un arreglo combinatorio de

concentración de pulpa en el espesador y velocidad de agitación consistente en 3 concentraciones y 5 velocidades de operación por triplicado. A los resultados obtenidos se realizó dos análisis de varianza (ANOVA) de un factor y de dos factores para la evaluación de significancia. Concluye: La óptima operación de concentración se obtiene a 24 RPM de agitación y 30% de pulpa mineral y la mayor pérdida por finos de smithsonita se dio en el rebose del sedimentador, a una concentración del 50% de pulpa y 36 RPM de agitación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Luna, J., & Santa Cruz, R. (2021) “*Tratamiento del concentrado de flotación Plomo – Plata*”, - para optar el título de Ingeniero Metalúrgico - Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho, plantea como problema de investigación, ¿En qué medida, puede incrementarse tratamiento del concentrado de flotación plomo-plata de la Unidad Minera Raura?, y tiene objetivo: Optimizar y mejorar el proceso de mineral incrementando tratamiento del concentrado de flotación plomo-plata de la Unidad Minera Raura. Realizando pruebas experimentales llega a las siguientes conclusiones:

- La obtención de Concentrados plomo y plata de Alta Ley, que son recuperados en una sola etapa.
- La Recuperación de una cantidad considerable de minerales valiosos, ocasionando una capacidad extra en el circuito de Flotación y aumentando el tiempo de Residencia del mineral.
- Permitir que los Concentrados de gruesa granulometría, obtenidos por esta Celda sean fáciles de filtrar.

Barrientos, L., & Quispe, J. (2020). “Estudio del incremento en la recuperación y calidad del concentrado de Zn en la flotación polimetálica en el distrito de Yarusyacán – Cerro de Pasco”, para optar el título de Ingeniero Metalúrgico - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, plantea como problema general, mejorar los grados de recuperación de concentrado de zinc. El objetivo general plantea determinar el reactivo adecuado para el proceso de flotación actual en la planta concentradora para mejorar el grado y recuperación de concentrado de zinc.

Las pruebas metalúrgicas desarrolladas concluyen:

La recuperación de 69,20% y grado de 54,47%, es aceptable en relación con los parámetros operacionales de la planta concentradora, donde se busca la mejora constante, basado en la comprobación de la hipótesis.

Se obtiene una mejora tanto en la recuperación como en el grado de Zn con la adición del Cuprocianuro, la base de ensayos a nivel laboratorio demuestra que la tendencia es directamente proporcional a medida que aumenta la dosificación.

La mejor prueba seleccionada en la 2da flotación Cleaner se obtuvo como calidad de concentrado Zn de 54,47% y 69,20% en la recuperación que es la variable independiente. Esto es debido a que el Cuprocianuro en presencia de Zn marmatítico interactúa con el Fe presente.

A mayores dosificaciones de Cuprocianuro tanto el grado y recuperación aumentan, pero, al ser excesivo la tendencia llega a disminuir, el promedio de dosificación ronda los 35 g/TM, siendo un máximo de dosificación de 45g/TM.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Smithsonita

Es un compuesto inorgánico formado por los elementos zinc (Zn), carbono (C) y oxígeno (O). Su fórmula química es ZnCO_3 .

Es un sólido incoloro o blanco que se encuentra en la naturaleza formando la smithsonita, en el cual puede estar solo o con otros elementos como cobalto o cobre, los cuales le confieren una coloración violeta o verde respectivamente.

Figura 1 Smithsonita

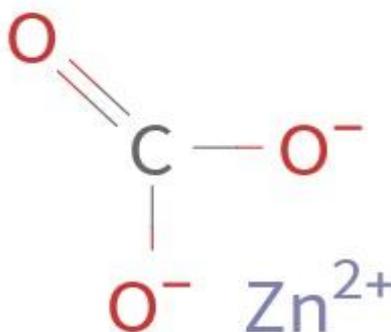


Nota. La figura fue tomada de Wikimedia Commons (2023).

a) Estructura

El ZnCO_3 está formado por un catión Zn^{2+} y un anión CO_3^{2-} . El carbono en el ion carbonato posee un estado de oxidación de +4. Este ion posee una estructura plana con los tres átomos de oxígeno rodeando el átomo de carbono.

Figura 2 Estructura química del carbonato de zinc



Nota. La figura muestra los enlaces atómicos. Tomado de Wikimedia Commons.

b) Propiedades

Estado físico: sólido que va de blanco cristalino a marrón, beige entre otros, se debe a los materiales que lo acompañan.

Peso molecular: 125,4 g/mol

Punto de fusión: a 140°C se descompone sin fundirse.

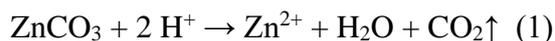
Densidad: 4,398 g/cm³ a 20 °C.

Solubilidad: Prácticamente insoluble en agua: 0,000091 g/100 g de H₂O a 20°C. Soluble en ácidos diluidos, álcalis y soluciones de sales de amonio.

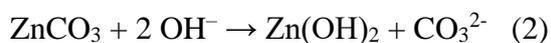
Insoluble en amoníaco, alcohol y acetona.

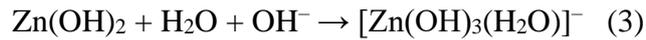
c) Propiedades químicas

Reacciona con ácidos formando dióxido de carbono:



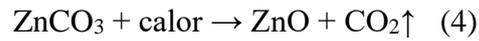
Se disuelve en bases formando el hidróxido, el cual se disuelve parcialmente formando un ion de zincato:





No es inflamable.

Cuando se calienta hasta su descomposición produce óxido de zinc y dióxido de carbono, pero puede llegar a emitir monóxido de carbono (CO).

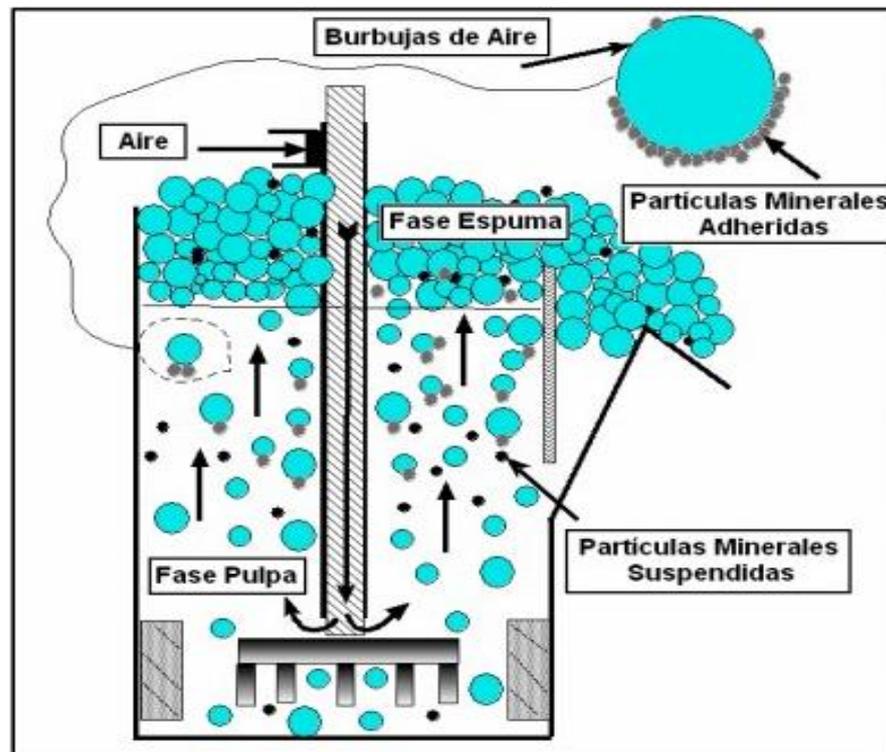


2.2.2. Flotación

a) Proceso de flotación de minerales

Todas las técnicas o métodos de separación, físicos o químicos, se basan sobre las diferencias en las propiedades de los materiales. La flotación es un proceso de separación y concentración, aprovecha las diferencias en las propiedades fisicoquímicas de superficies de los minerales.

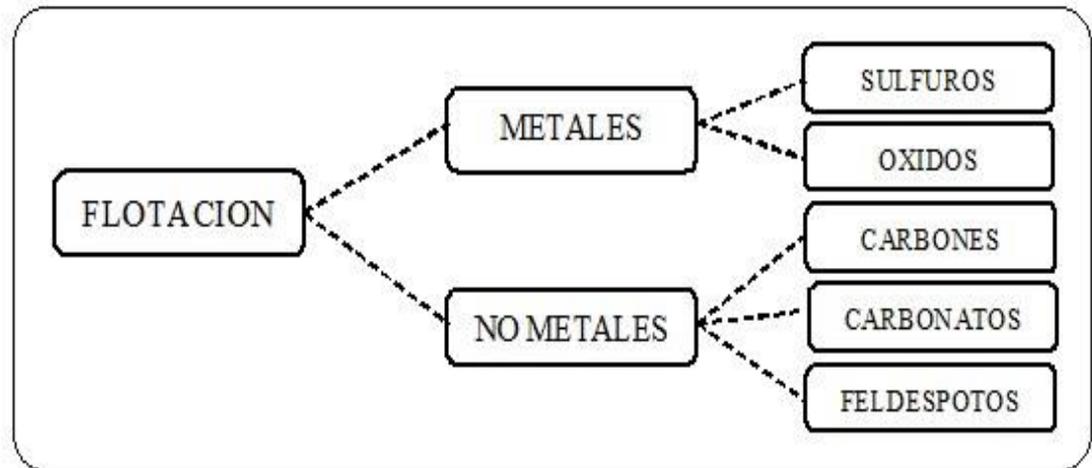
Figura 3 Proceso de flotación en una celda Denver Sub A - 32



Nota. Figura que ilustra el esquema de una celda de flotación

b) Clasificación de flotación de minerales.

Figura 4 *Clasificación de flotación de minerales*



Nota. Figura que explica la subdivisión de los minerales a flotar.

c) Flotación de sulfuros.

Los sulfuros son fuertemente hidrófobos, lo cual permite que tengan una buena flotabilidad. Sin embargo, este comportamiento se ve afectado negativamente cuando existe una oxidación superficial o hay presencia de lamas.

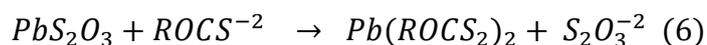
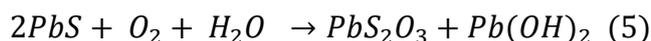
Para que la flotación de sulfuros sea efectiva, es necesaria la presencia de oxígeno con colectores sulfhídricos, y así ocurra la adsorción de este reactivo en el mineral. Este fenómeno puede ser explicado por teorías que se describe (King, 1982).

d) Teoría química de la oxidación superficial.

En medio acuoso alcalino, la mayoría de los minerales sulfurados sufren oxidación superficial. Para el caso particular de la galena, existen numerosos

estudios que demuestran que la superficie estaría recubierta por especies oxidadas, especialmente tiosulfato básico de plomo.

La reacción con un xantato ocurriría por mediación de esta capa oxidada, operando un mecanismo de intercambio iónico. El mecanismo propuesto puede resumirse en las siguientes reacciones:



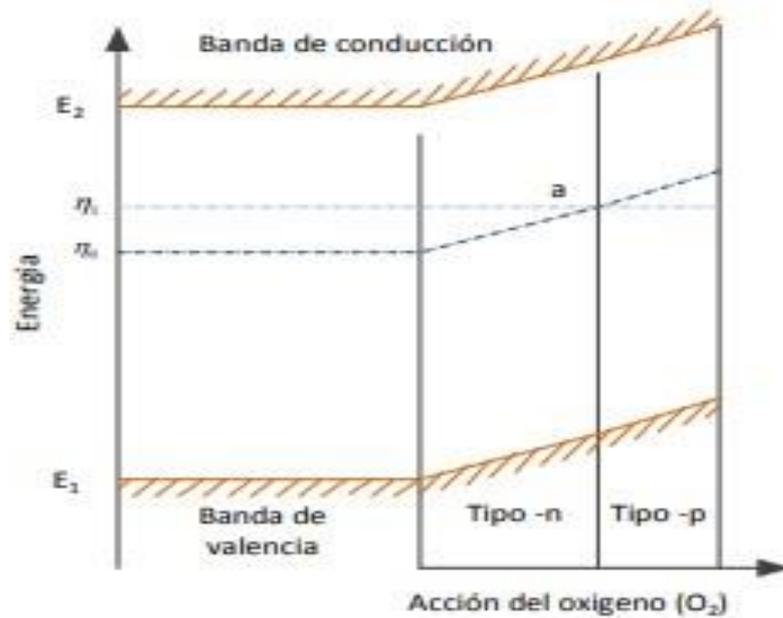
e) Teoría de semiconductores.

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

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

El dixantógeno, por ser una molécula neutra, permanecería coadsorbido físicamente en la película de colector, confiriéndole a la superficie una fuerte hidrofobización.

Figura 5 *Semiconductores*



Nota. Figura que ilustra la relación entre energía cinética y la acción del oxígeno en la flotación.

f) Teoría electroquímica.

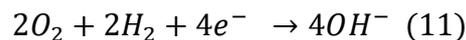
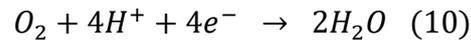
Según la literatura, el mecanismo más común de interacción entre xantato y sulfuros es de naturaleza electroquímica. Iones xantatos son oxidados a dixantógeno o xantato del metal, de acuerdo con una de las siguientes reacciones:



Independientemente de la trayectoria de oxidación del xantato, este proceso anódico precisa ser balanceado por una reacción catódica. Uno de los papeles

importantes del oxígeno en sistemas xantato/mineral sulfurado es entregar la reacción catódica.

El producto real de la reducción de oxígeno en ambiente acuoso puede ser H₂O o, OH⁻ de acuerdo con una de las reacciones:



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

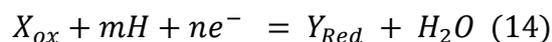
Para una reacción única en el equilibrio el potencial está dado por la ecuación de Nernst. Así, por ejemplo, para una reacción redox cualquiera, el mecanismo de transferencia de e⁻ puede representarse a través de la siguiente ecuación general:

$$e_{th} = e_{th}^o + \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{Ox}{Red} \right) \quad (12)$$

En una reacción Redox de la siguiente forma:



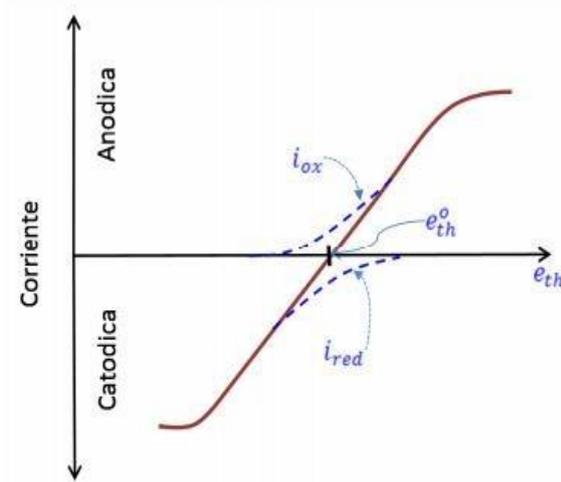
Al aplicar la ecuación de NERST tenemos:



Para esta reacción desarrollada entonces, tendremos un Figura corriente potencial tal como se da a continuación:

$$Eh = Eh^o - \frac{0,059 m pH}{n} + 0,059 \lg \left(\frac{(Ox)_x}{(Red)_y} \right) \quad (15)$$

Figura 6 Diagrama del potencial de corriente



Nota. Diagrama que demuestra la cinética química en la superficie de las partículas durante el proceso de flotación.

g) Teoría de la adsorción física

Hidrólisis y formación de ácido xántico en una pulpa alcalina. Se considera finalmente que el mineral con cristales de estructura atómica favorece la adsorción física y los minerales con estructura iónica favorecen la fijación por intercambio iónico.

En este último caso el potencial de la superficie del mineral no influirá la reacción porque ella se desarrollará según la afinidad de los iones para la formación del nuevo compuesto.

Sin embargo, en el caso de una adsorción física, potencial de la superficie es de gran importancia y será más activa cuando este potencial sea igual a cero.

h) Variables del proceso de flotación

Las variables que más afectan la flotación de los minerales son las siguientes:

- Granulometría de la mena

- Tipo y dosificación de reactivos de flotación.
- Densidad de la pulpa o porcentaje de sólidos.
- Tiempo de residencia.
- pH.
- Aireación y acondicionamiento de la pulpa.
- Temperatura de la pulpa.

2.3. Definición de términos básicos.

- **Tratamiento:** Es un conjunto de medios que se utilizan para aliviar u obtener resultados favorables o antagónicos.
- **Mineral:** Es aquella sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida.
- **Mena:** Minerales de valor económico, los cuales constituyen entre un 5 y 10% del volumen total de la roca. Corresponden a minerales sulfurados y oxidados, que contienen el elemento de interés, por ejemplo, cobre, molibdeno, zinc, etc.
- **Flotación:** Es un proceso fisicoquímico de tres fases (sólido – líquido - gaseoso) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General

Si desarrollamos la evaluación experimental de la smithsonita por flotación, entonces; se logrará recuperar zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. HE1: Si determinamos la caracterización mineralógica de la smithsonita, entonces, influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – Chupaca – 2023.
- b. HE2: Si determinamos el rango de trabajo óptimo de variables en la flotación de smithsonita entonces influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

2.5. Identificación de variables.

2.5.1. Variable dependiente

% Recuperación de zinc

2.5.2. Variable independiente

Evaluación experimental de la smithsonita

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente Evaluación experimental de smithsonita	Evaluación es el diagnóstico a una determinada actividad, materia, insumo, etc. Considerando ciertos indicadores de control. Smithsonita es la materia específica para evaluar	La función específica de la evaluación mineralógica es el reconocimiento interno de la asociación de elementos químicos formando estructuras minerales a través de las observaciones al microscopio.	Análisis químico	% Zn y Ca.
			Análisis mineralógico	% de minerales
			Sulfuración: Na ₂ S; NaOH	g/TM
Dependiente Recuperación de zinc	Proceso físico químico que permiten recuperar el mineral de zinc, de los otros minerales que lo acompañan desde su formación.	Operación que consiste en la separación fisicoquímica de la smithsonita de los minerales complementarios, en medio acuoso, agitado y la adición de reactivos que actúan en la superficie de la partícula mineral.	Recuperación de zinc	% Zn

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Esta investigación por el nivel de conocimientos es aplicada, la cual según Carrasco (2017), se caracteriza “por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (p. 43).

3.2. Nivel de investigación.

De acuerdo con la profundidad de la investigación, alcanza el nivel predictivo (Bernal, 2016, pág. 144).

3.3. Métodos de investigación.

Con enfoque cuantitativo, se aplicó el método científico, por su naturaleza es inductiva - deductiva, siendo este método la lógica más confiable de producir conocimiento, considerando el nivel experimental.

- Experimental. Se manipuló la muestra para caracterizar la variable independiente y obtener respuestas al fenómeno producido (Bernal, 2016, pág. 145).

3.4. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es experimental, visto que se manipulará intencionalmente la variable independiente y no existe un grupo de control; además, los hechos se investigan en un momento determinado (Carrasco, 2017).

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población

La población comprende los mantos calizos observables en la concesión minera Saturno, que tiene un área cubicada por el departamento de geología de 53 000 m² y luego de realizar las calicatas, bajo el sistema de redes, se determinó las reservas probables que ascienden a 1 276 938 toneladas métricas, con una ley promedio de 29,26% de zinc.

Figura 7 Mantos con carbonatos de zinc



Nota. Se observa el yacimiento formando un manto de smithsonita.

3.5.2. Muestra

La muestra viene hacer manto de smithsonita, que comprende la zona de carbonatos.

Para determinar las reservas probadas y probables del manto de smithsonita se procedió a realizar el muestreo aleatorio simple, donde cada muestra es extraída de las calicatas.

Para calcular el número de muestras a obtener (a partir de las calicatas) se desarrolla con los siguientes valores:

$$n = \text{Tamaño de la muestra} = 80 \text{ kg}$$

$$z = \text{Nivel de confianza (95 \%)} = 1,96$$

$$p = \text{Proporción (50\%)} = 0,50$$

$$q = \text{Proporción (50\%)} = 0,50$$

N = Tamaño de la población = 100

e = Error máximo permitido (5%) = 0,05

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 p * q} \quad (1)$$

Reemplazando se tiene:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0,50 * 0,50 * 100}{0.05^2(100 - 1) + (1.96)^2 * 0,50 * 0,50} = 80 \text{ Kg}$$

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la ejecución del proyecto de tesis se utilizó las siguientes técnicas que a continuación detallamos:

Técnica de recolección de datos:

La observación. Esta técnica lo utilizamos para realizar el acopio del material extraído de las calicatas realizadas.

Entrevista. Esta técnica nos permitió realizar entrevistas a diversos ingenieros para obtener información respecto a sus experiencias de flotación con minerales oxidados.

Cuaderno de apuntes. Esta técnica se utilizó para realizar anotaciones de los parámetros y dosificaciones de reactivos al proceso de flotación experimental, control del tiempo, ocurrencias.

Análisis de reportes. Mediante esta técnica se obtuvo los reportes de las pruebas metalúrgicas y la eficacia del control en la dosificación de reactivos.

Instrumento de recolección de datos

Como instrumentos de recolección de datos hacemos uso de:

Reporte de pruebas metalúrgicas. En este instrumento se colecto los resultados de las pruebas metalúrgicas realizadas en el laboratorio; condiciones de las pruebas, análisis por elementos y observaciones al microscopio.

Graficas de recuperación. Este instrumento nos permitió comprender la evolución de la recuperación del zinc por flotación y tomar decisiones.

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

En cuanto a la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación, se desarrolló teniendo en cuenta tres factores:

- a) Verificando el acopio de muestra y procesamiento del mismo, en calidad y cantidad; del mismo modo, la calidad de los equipos instalados y el grado de preparación de los reactivos (ver anexo 4).
- b) Intervención del ser humano en las pruebas metalúrgicas; analizando su experiencia y dificultades.
- c) Revisando los antecedentes de fabricación y usos de los colectores sujetos a experimentación.

La confiabilidad del instrumento fue por juicio de expertos (ver anexo 5).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.8.1. Análisis químico

Previo al ensayo químico, se preparó las muestras obtenidas por zonas haciendo un total de 10 subzonas. Se clasifico porque a simple vista tenían similares características en su mineralogía como son coloración y sugieren que son homogéneos. Se realizó la empresa titular de la concesión solicito los servicios de terceros para el análisis químico.

3.8.2. Análisis granulométrico

Las muestras obtenidas, fue analizada por la serie de tamices Tylor, donde se determinó el grado óptimo de molienda al 80% malla -200, utilizando un tiempo de molienda de 10 minutos, para llevarlo a flotación experimental.

3.8.3. Análisis mineralógico

Los titulares de la empresa concesionaria solicitaron los servicios de terceros para caracterizar mineralógicamente los minerales en estudio, con resultados confiables.

3.8.4. Pruebas de flotación

Con las muestras preparadas a una molienda adecuada, se procedió a realizar las pruebas de flotación en dos etapas; las primeras pruebas aisladas para evaluar el tiempo de acondicionamiento con los reactivos sulfurizantes, desarrollando pruebas a 4, 7 y 10 minutos de acondicionamiento de la pulpa; toda vez que siendo carbonatos, el factor más importante es crear condiciones superficiales para realizar la flotación. Del mismo modo se procedió a realizar pruebas de flotación, variando la concentración de eterdiamina versus pH, concentración de eterdiamina versus tiempo y pruebas de flotación variando los reactivos $MgCl_2$ y $CaCl_2$ como acondicionantes. Luego de los primeros resultados se realizó en diseño experimental empírico para determinar la prueba óptima con los mejores resultados.

3.9. Tratamiento estadístico.

Utilizando el software EXCEL y el Molycop se organizó los datos obtenidos en tablas y Figuras; los ensayos químicos, análisis granulométrico y conclusiones del reconocimiento mineralógico de los relaves.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La aprobación o la desaprobación se basa en la aceptabilidad ética de la investigación, incluyendo su valor tecnológico basándonos en el tiempo requerido para la búsqueda de proceso de flotación de carbonatos; desarrollamos el proceso tecnológico que permitió flotar carbonatos; teniendo en cuenta que resulto dificultoso conseguir trabajos técnicos similares. Fue un reto concentrar carbonatos de zinc en estas circunstancias.

CAPÍTULO IV

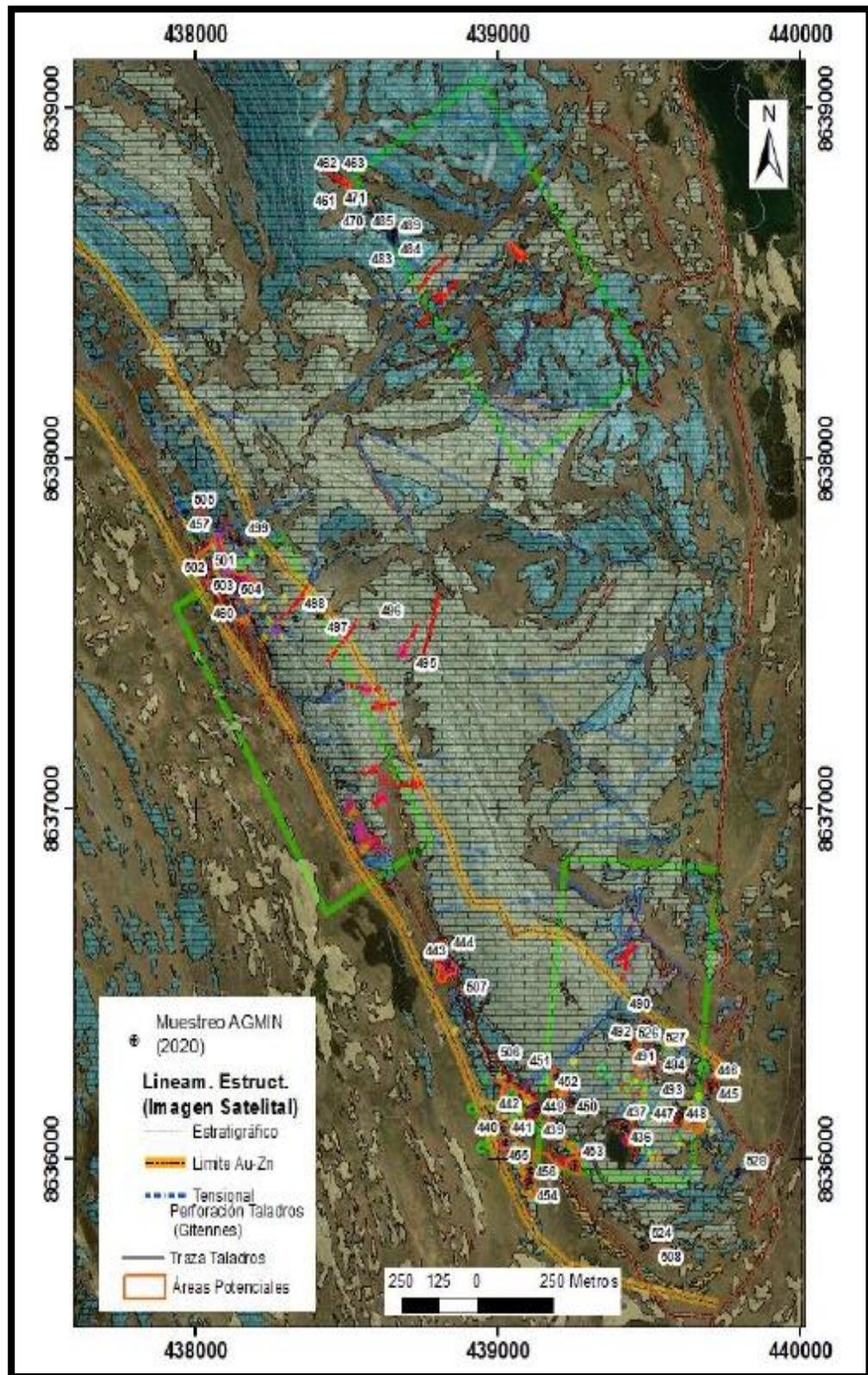
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

El trabajo de campo realizado permitió acopiar las muestras, siguiendo la técnica de calicatas paralelas en un área aproximada de 450 metros lineales, iniciando en la parte baja de los cerros mineralizados y en cada punto excavaciones de sección cuadrada de 1,00 m x 1,00 m y profundidad que varía entre 1,50 a 2,00 metros; se puede observar en la distribución de calicatas en la figura adjunta.

Obtenido el material de cada calicata o punto de muestreo, se procedió depositar en una ruma, con un volumen aproximado de 4 toneladas; luego fue homogenizado por sucesivas etapas de volteo a lampa, de tal manera que la muestra tenga las mismas características en cualquier punto de la ruma.

Figura 8 *Diseño de los puntos a desarrollar las calicatas*



Nota. Vista satelital de los puntos muestreados por la consultora AGMIN SAC.

Figura 9 Toma de muestras



Nota. Se observa los trabajos de acopio de muestras.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

- **Cubicación de reservas**

Reemplazando datos obtenidos de campo (Anexo 4):

$$\sum_1^{50} P = \frac{4,50 + 6,20 + 5,35 + \dots}{50}$$

Profundidad = 5,20 m

Reemplazando datos experimentales obtenidos (Anexo 4):

$$\sum_1^{50} P_e = \frac{4,20 + 4,27 + 4,35}{50}$$

Pe = 4,28 g/cm³

Reemplazando los datos experimentales obtenidos en la ecuación (13), calculamos las toneladas del manto de smithsonita.

$$V = (450 \text{ m} \times 150 \text{ m}) \times 5,20 \text{ m} \times 4,28$$

$$V = 1\,502\,280 \text{ TM de carbonatos}$$

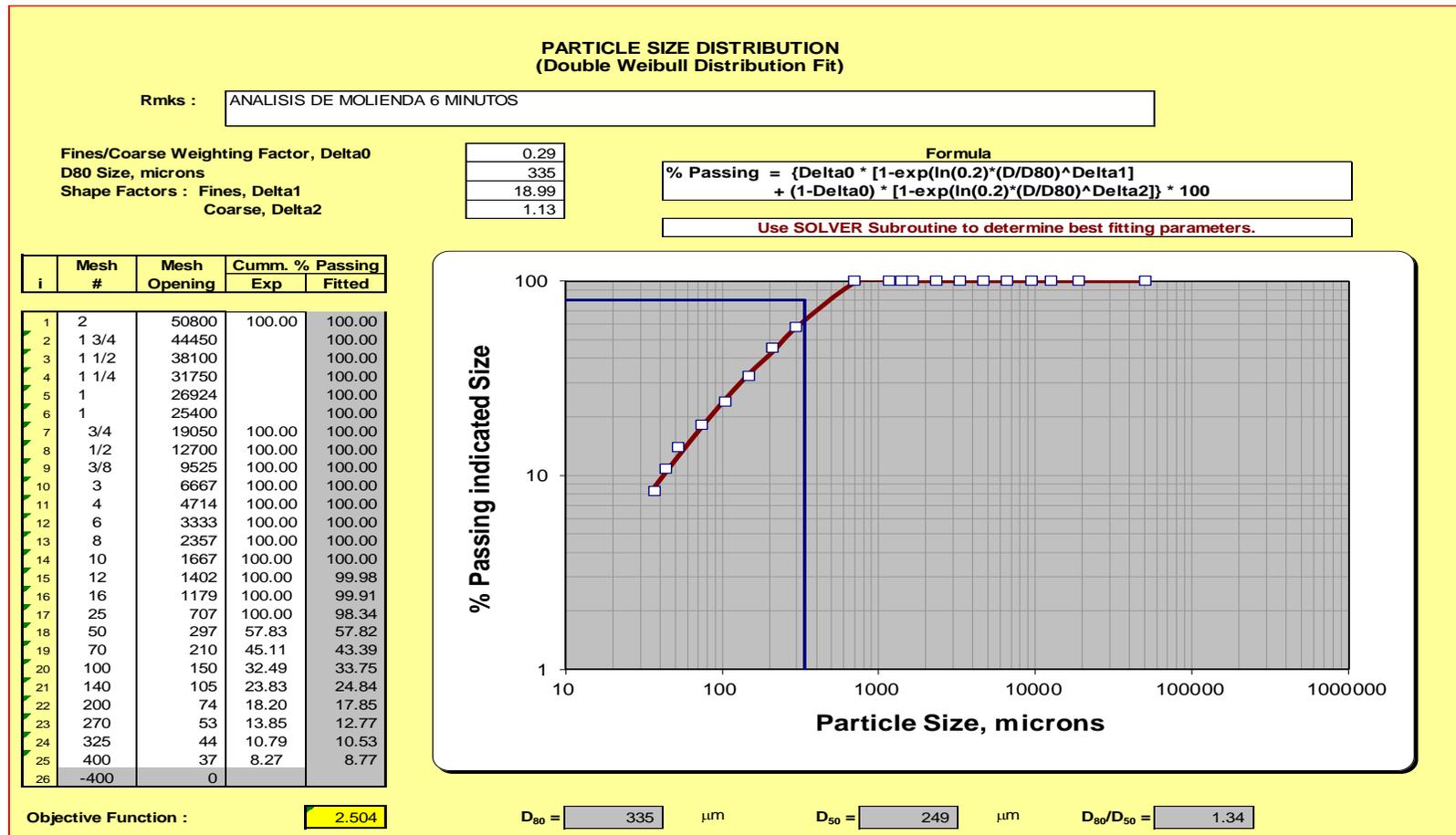
$$\text{Reservas Probables} = 1\,502\,280 \text{ TM} \times 85\%$$

Reservas Probable = 1 276 938 toneladas métricas de carbonatos

- **Análisis granulométrico**

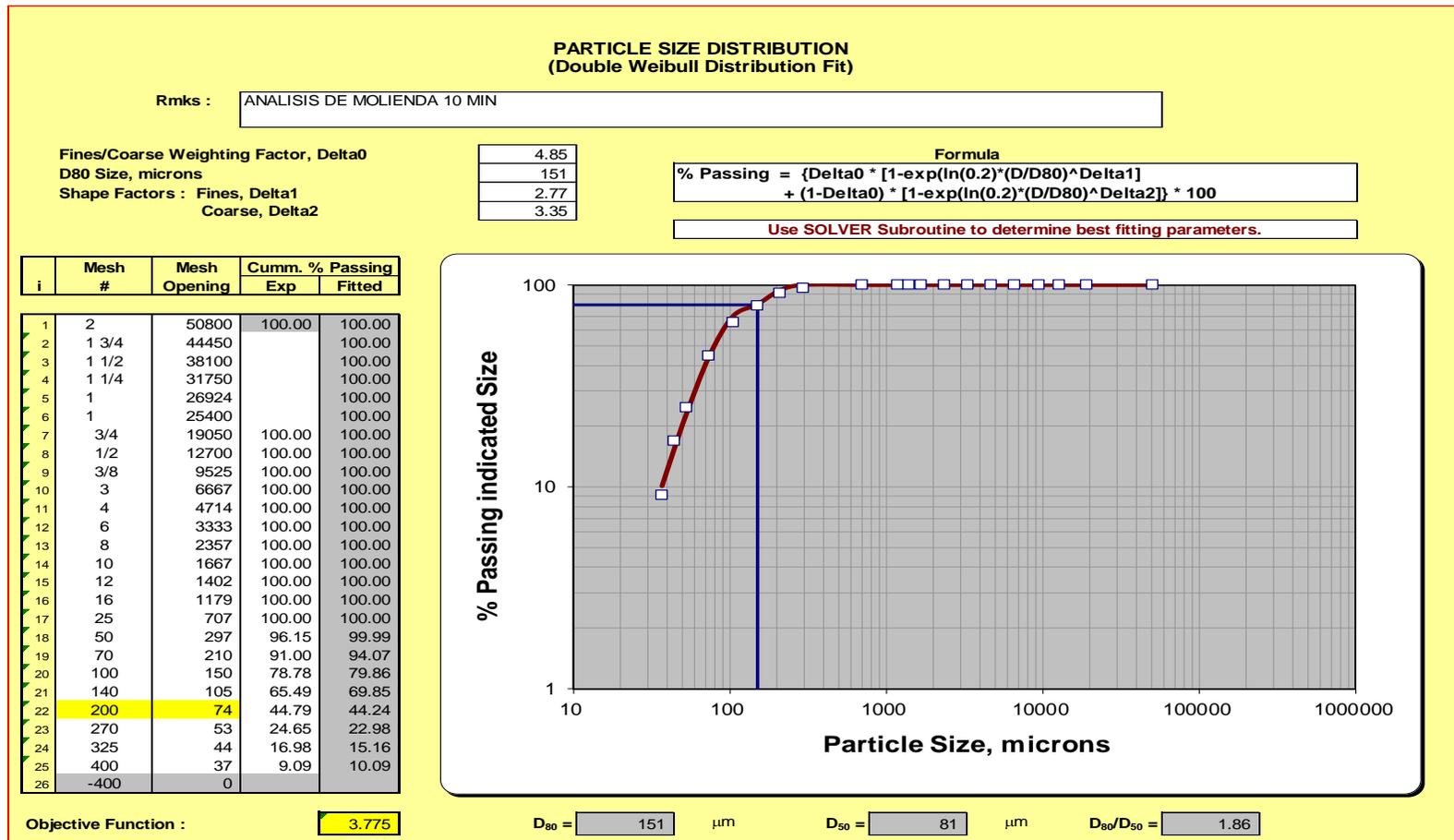
Se desarrolló pruebas de análisis granulométrico en pruebas obtenidas de campo y también a diferentes tiempos de molienda el cual se observa en las siguientes tablas.

Figura 10 Análisis granulométrico de molienda a 6 minutos



Nota. Con el software Molycop, se graficó el análisis granulométrico a 6 minutos.

Figura 11 Análisis granulométrico de molienda a 10 minutos



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

Figura 12 Función objetivo

Mineral 1 kg - 500 ml Agua

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD
MINERAL EL PROSPECTO SATURNO Blending 2023

Diametro Molino	7 7/16	Pulg.
Largo Molino	7 1/2	Pulg.

PRUEBAS DE MOLIENDABILIDAD

Tiempo	D₈₀	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Corr
6	335	17.85	27.44
10	151	44.24	42.83

Tiempo min	% Acum(-) 200#	% Acum(-) 200# Ideal	FO
10.33	50.00	50.00	0.000

- **Análisis químico**

Del análisis químico realizado de las muestras obtenidas, se tiene el promedio de leyes siguiente:

Tabla 1 Análisis químico del mineral de cabeza

Muestra	Zn (%)	Pb (%)	Ag (g/TM)
1	28,35	1,20	2,68
2	27,63	0,68	2,14
3	33,08	0,69	2,80
4	37,33	0,72	2,60
5	29,30	0,72	2,80
6	32,20	0,76	2,58
7	20,70	0,65	3,12
8	26,40	0,66	4,20
9	29,40	0,70	3,60
10	28,20	0,84	2,70
Suma	292,59	7,62	29,22
Promedio	29,26	0,76	2,92

Quimbol Chemical SAC. (2023). Resultados del análisis químico de las muestras de mineral de cabeza (Informe técnico). Quimbol Chemical SAC.

- Reconocimiento mineralógico

Figura 13 *Reconocimiento macroscópico de la smithsonita extraído del prospecto Saturno*



Nota: Muestra mineral donde se observa el hábito que presenta.

Figura 14 *Vista macroscópica de smithsonita en el prospecto Saturno*



Nota: Muestra mineral donde se observa el hábito que presenta.

Comentario: En las muestras se puede observar que la smithsonita tiene una coloración marrón claro, con hábito globular, masivo y asociado a las calizas, hay presencia de cuarzo formando bandas con cristales pequeños, como también masivo, no se observa sulfuros y se encuentra cubierto con arcillas montmorilloníticas.

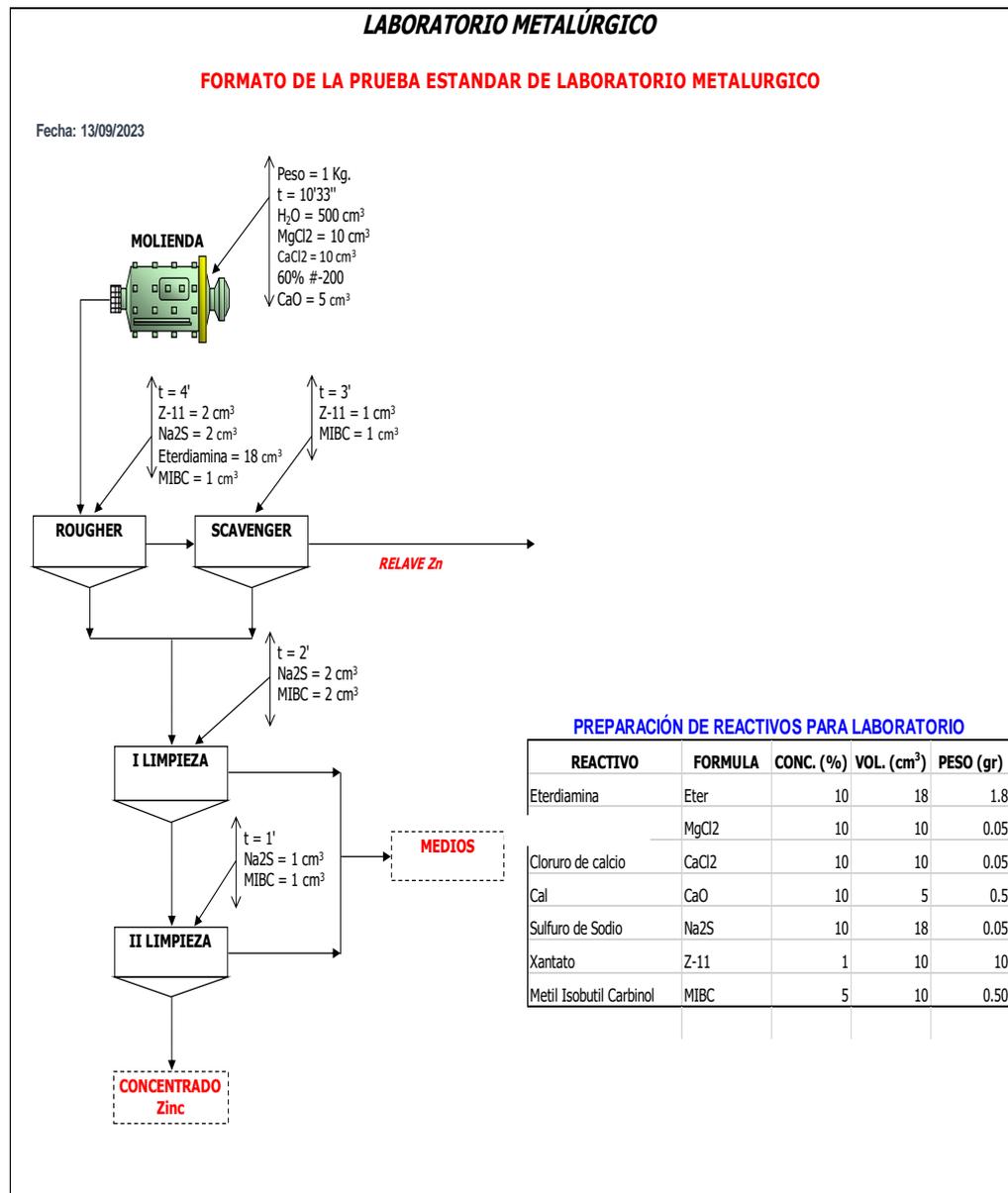
- **Pruebas de flotación**

Para el desarrollo de las pruebas de flotación, de acuerdo a los antecedentes de otros investigadores, se consideró muy importante la selección y dosificación adecuada de los acondicionadores previos a la flotación. Estos insumos fueron determinantes para lograr recuperaciones que a continuación se expone:

- a) Pruebas de flotación con eterdiamina y variando el tiempo de paleteo.
- b) Pruebas de flotación variando la concentración de eterdiamina y pH constante.
- c) Pruebas de flotación utilizando el sulfurizante Na_2S y eterdiamina.

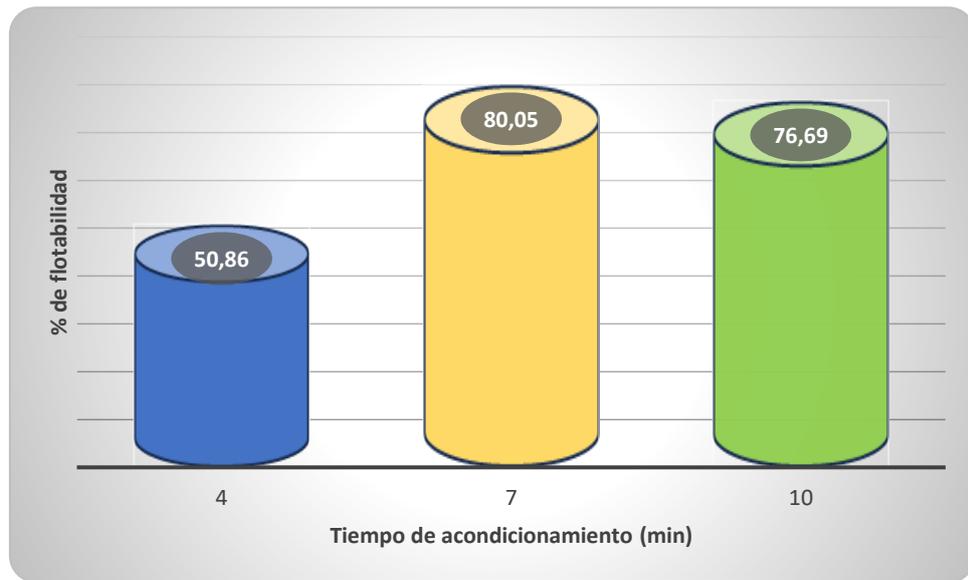
Se realizó las pruebas de flotación siguiendo las etapas que se observa en el siguiente esquema:

Figura 15 Diagrama de pruebas



Nota. Diagrama de las pruebas de flotación.

Figura 16 % de flotabilidad versus tiempo de acondicionamiento



Nota: Comparación de las pruebas de flotabilidad en función al tiempo

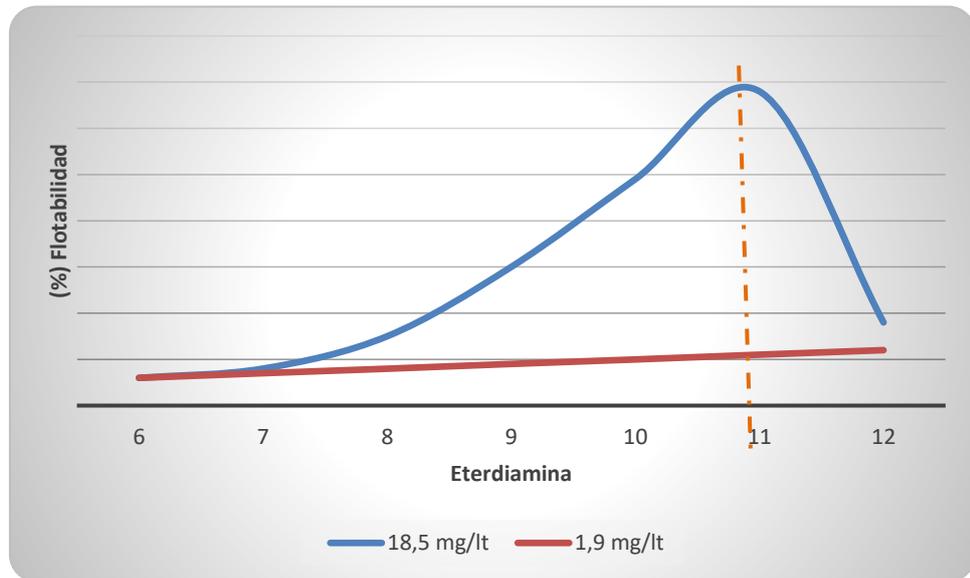
Tabla 2 Balance metalúrgico de las pruebas de flotación en función con eterdiamina y 7 minutos de acondicionamiento.

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	28,35	283,50	100,00
Concentrado	522	43,5	43,5	227,07	80,10
Relave	478	40,2	1,09	5,21	1,84

Tabla 3 Balance metalúrgico de las pruebas de flotación en función con eterdiamina y 10 minutos de acondicionamiento.

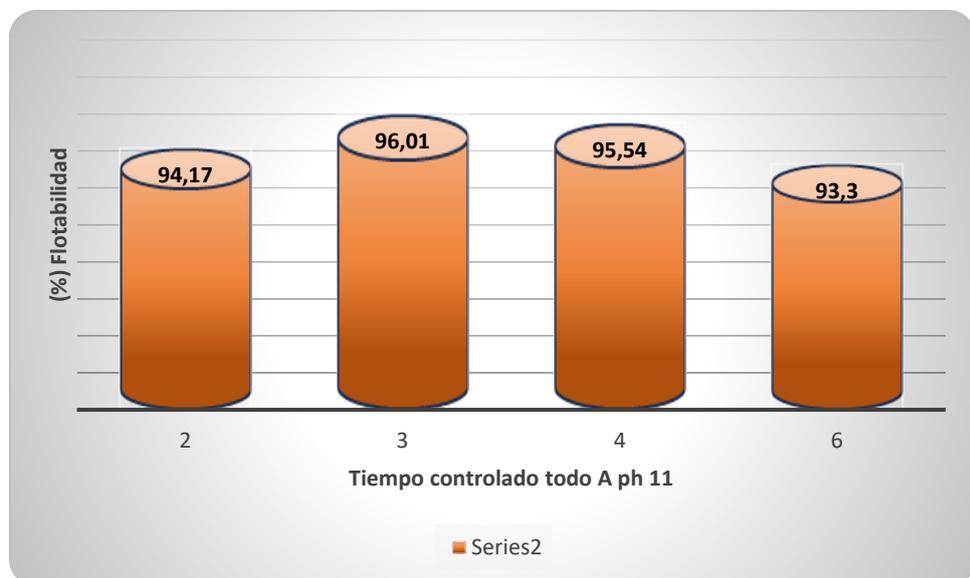
Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	27,63	276,30	100
Concentrado	479		44,2	211,72	76,63
Relave	521		1,21	6,3041	2,28

Figura 17 Flotación de smithsonita en función al pH y concentración de eterdiamina



Nota: Pruebas de flotabilidad en función al pH y eterdiamina.

Figura 18 Pruebas de flotación con Na_2S y eterdiamina en función al tiempo de acondicionamiento



Nota: Comparación de las pruebas de flotación en función al tiempo de acondicionamiento.

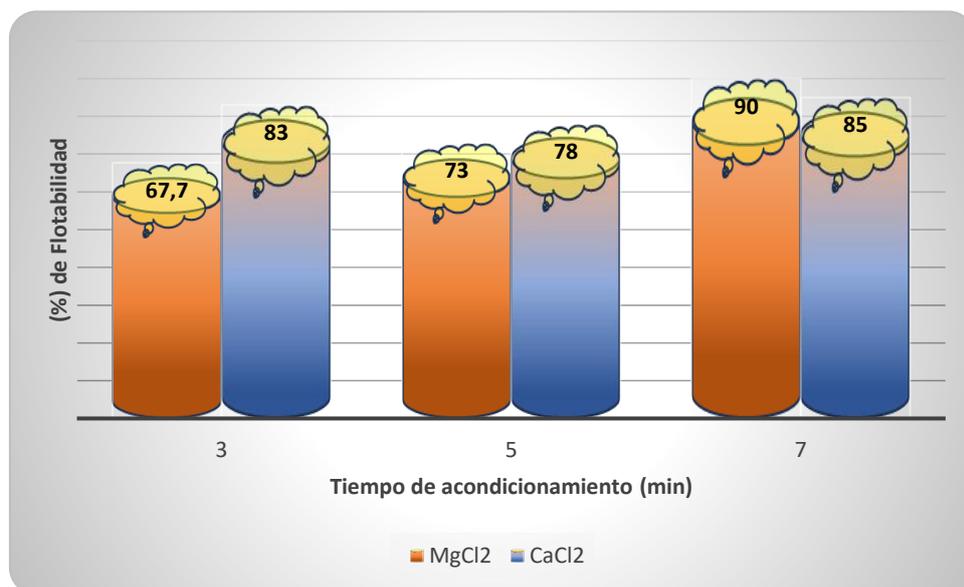
Tabla 4 Flotación de smithsonita con Na_2S y tiempo de acondicionamiento

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	33,08	330,80	100
Concentrado	585		53,2	311,22	94,08
Relave	415		1,08	4,48	1,35

Tabla 5 Flotación de smithsonita con eterdiamina en función al tiempo de acondicionamiento.

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	37,33	373,30	100
Concentrado	641		54,4	348,70	93,41
Relave	359		1,6	5,74	1,54

Figura 19 Flotación de smithsonita con MgCl_2 y CaCl_2 como acondicionadores



Nota: Comparación del % de flotabilidad en función a la adición de los acondicionadores.

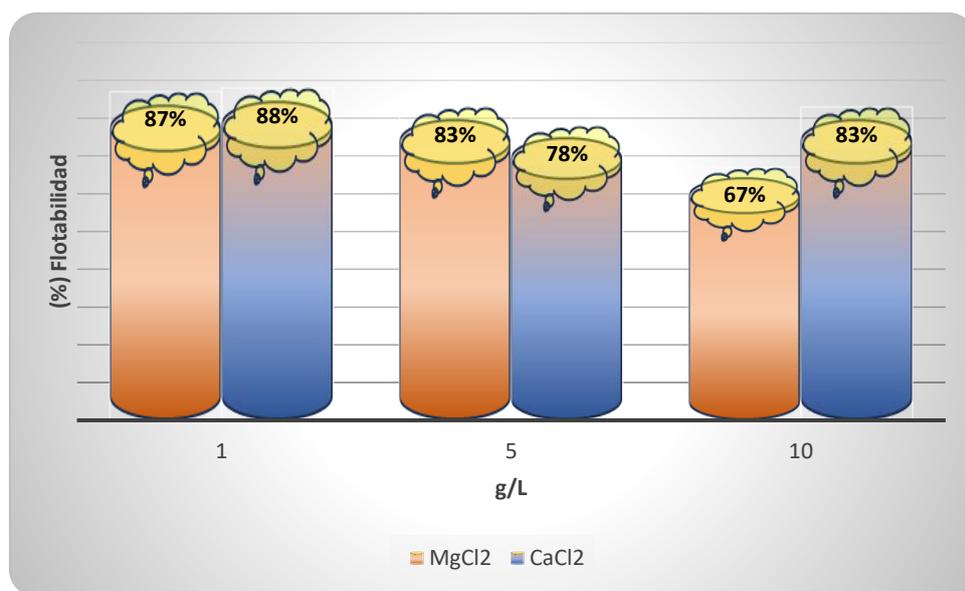
Tabla 6 Flotación de smithsonita con $MgCl_2$ como acondicionador

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	29,3	293	100
Concentrado	534		49,4	263,796	90,03
Relave	466		1,75	8,155	2,78

Tabla 7 Flotación de smithsonita con $CaCl_2$ como acondicionador.

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	32,2	322	100
Concentrado	589		46,5	273,89	85,06
Relave	411		1,85	7,60	2,36

Figura 20 Flotación de smithsonita en función de la concentración de reactivos acondicionadores



Nota: Comparación del % de flotabilidad en función a la concentración de los acondicionadores.

Tabla 8 Flotación de smithsonita a 1 g/l de MgCl₂ como acondicionador

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	20,7	207	100
Concentrado	421		43,2	181,872	87,86
Relave	579		1,45	8,40	4,06

Tabla 9 Flotación de smithsonita a 1 gr/l de CaCl₂ como acondicionador

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	26,4	264	100
Concentrado	486		47,8	232,308	88,00
Relave	514		1,75	8995	3,41

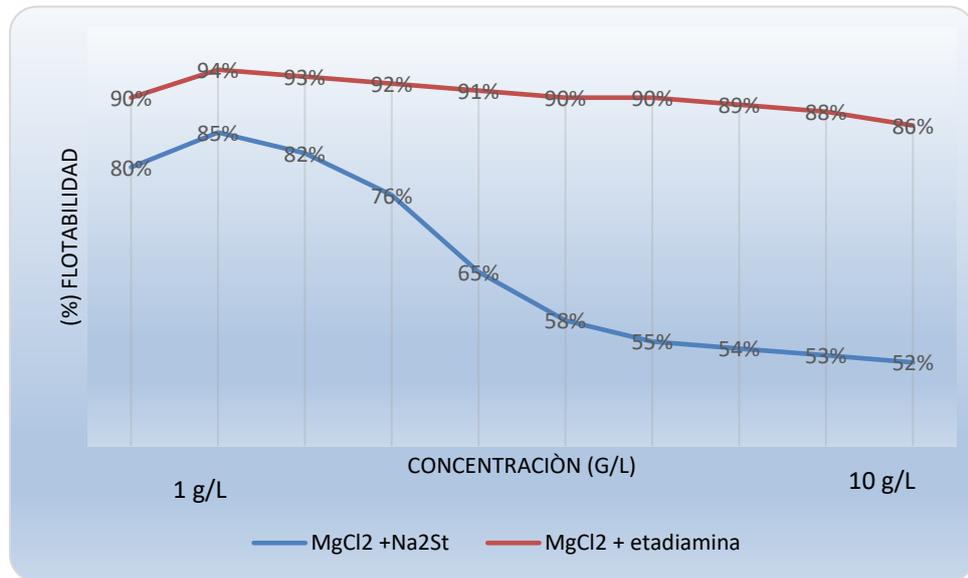
Tabla 10 Flotación de smithsonita a 5 g/l de MgCl₂ como acondicionador.

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	29,4	294	100
Concentrado	498		49,2	245,02	83,34
Relave	502		1,6	8,03	2,73

Tabla 11 Flotación de smithsonita a 5 g/l de CaCl₂ como acondicionador

Descripción	Peso (g)	% peso	Leyes	Contenido metálico	Recuperación
			% Zn	Zn	% Zn
Cabeza	1000	100	28,2	282	100
Concentrado	458		48,2	220,76	78,28
Relave	542		1,55	8,40	2,98

Figura 21 Flotación de smithsonita acondicionada con $MgCl_2$ a diferentes concentraciones



Nota. Flotación de smithsonita a diferentes concentraciones de $MgCl_2$

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Primera hipótesis específica

La primera hipótesis indica que: Si determinamos la caracterización mineralógica de la smithsonita, entonces, influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

Comentario: La primera hipótesis específica es cualitativa, por lo tanto, no es operacional; el reconocimiento mineralógico se determina por la observación y obedece a la experiencia del investigador su caracterización.

4.3.2. Segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis indica que: Si determinamos el rango de trabajo óptimo de las variables que intervienen en la flotación entonces influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.

a) Formular la hipótesis de investigación

H_0 : La determinación del rango de trabajo óptimo de las variables: que intervienen en la flotación no influye en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. (**Hipótesis nula**)

H_a : La determinación del rango de trabajo óptimo de las variables que intervienen en la flotación influye significativamente en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. (**Hipótesis alterna**)

$$H_0 = \mu = 2,53$$

$$H_a \neq \mu \neq 2,53$$

b) Fijar el nivel de significación (α): $\alpha = 0,05$

Estadístico de prueba: T de Student al 5% = 1,96.

c) Cálculo del valor crítico, valor de prueba y definición de las zonas de aceptación

$$V_c \rightarrow Z_c \rightarrow n \geq 30$$

$$n = 50 \text{ muestras}$$

$$V_p = \text{Valor de prueba}$$

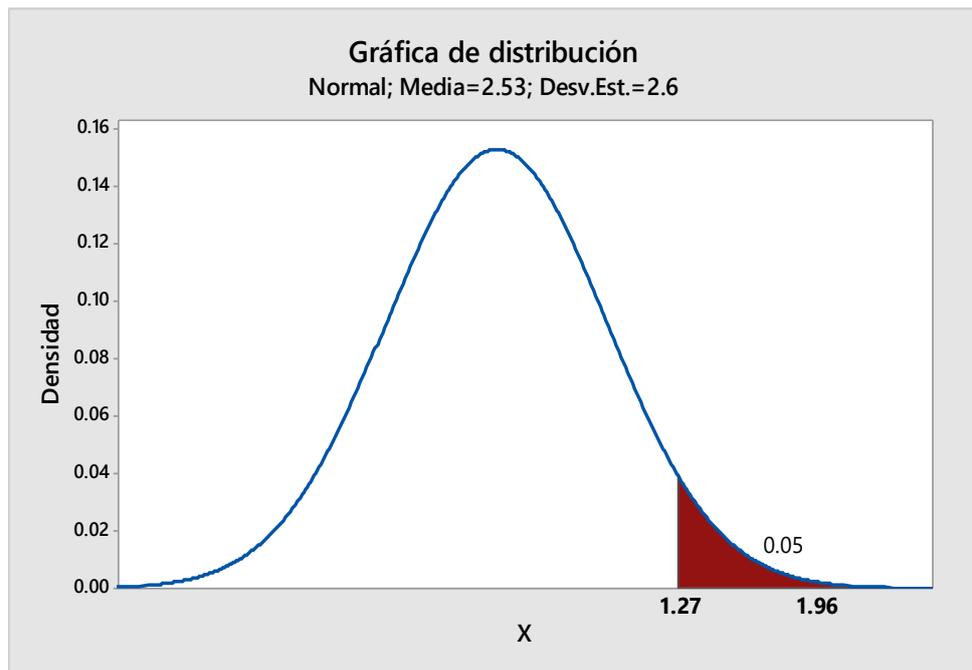
$$\mu = 2,53$$

$$\bar{X} = 3,0$$

$$\sigma = 2,6$$

$$V_p = Z_c = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{3,0 - 2,53}{\frac{2,6}{\sqrt{50}}} = \mathbf{1,27}$$

d) Decisión:



$Z_c = 1,27 < 1,96$, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

e) Conclusión

Con un nivel de significancia del 0,05, hay evidencia estadística para aceptar la hipótesis alterna y afirmar que La determinación del rango de trabajo óptimo de las variables que intervienen en la flotación influye significativamente en la recuperación de zinc.

4.4. Discusión de resultados.

Los resultados de la investigación indican que existe una relación positiva entre “evaluación experimental de la smithsonita” y “recuperación de zinc” con alto nivel de significancia, desarrollado experimentalmente el T de Student, $\alpha = 0,05$; $\sigma = 2,6$; se tiene un valor de prueba = 1,27. Se acepta la hipótesis alterna.

Los ensayos de flotación de minerales de smithsonita, requiere del acondicionamiento previo y adecuado en condiciones físicas y químicas,

determinadas por las pruebas experimentales realizadas, con un tiempo óptimo de 7 minutos, pH adecuado de 11, agente sulfurizante (Na_2S), complementarios Eterdiamina y alternativamente cloruro de magnesio y sodio; en todas las recuperaciones la recuperación de zinc supera el 80%.

Tito, A. (2011). “Optimización del proceso de flotación de concentrados de zinc y plata en el ingenio minero del sur-sección “rosicler” mediante diseño experimentales” para optar el título profesional de Licenciatura en Ciencias Químicas - Universidad Mayor de San Andrés; concluye: la influencia del pH en la flotación de zinc y plata es de mucha importancia esta se debe encontrar en un rango de 10,5 a 12 ya que a este pH la pirita se encuentra deprimida por el calcio que se introduce como óxido de calcio para subir el pH, y por tanto la flotación de esfalerita es mucho más óptimo. se realizó un análisis granulométrico para determinar el porcentaje de tamaño de grano en todo el proceso de flotación, y se pudo concluir que 92,9% del tamaño de grano se encuentra entre 100 y -200 mallas Tyler, tamaño de grano muy fino que perjudica el proceso de flotación.

Quilca, T. (2021). “Optimización del circuito de flotación de zinc para mejorar la recuperación y selectividad del concentrado de zinc en minera Bateas SAC” para optar el título profesional de Ingeniero metalurgista y de materiales - Universidad Nacional del Centro del Perú; concluye: en las pruebas de flotación batch o exploratorias se evalúa un colector secundario para el circuito de zinc con el objetivo de maximizar el grado y la recuperación de zinc. obteniendo los siguientes resultados: en la prueba flotación estándar con A-3418 se obtiene 80,94 % de recuperación con un grado de 25,46% de ley de zinc, en la prueba con el reactivo A-242, se obtiene 83,89% de recuperación y 27,85% de ley de zinc, a la misma vez se evalúa el reactivo A-404 obteniéndose los siguientes resultados

81,85% de recuperación de zinc con un grado de 26,46% de ley de zinc. como se aprecia el que tiene mayor performance metalúrgico es con el reactivo A-242.

CONCLUSIONES

- 1- Los estudios experimentales confirmaron que la smithsonita es un mineral adecuado para este proceso. Donde se determinó el grado óptimo de molienda al 80% malla - 200, utilizando un tiempo de molienda de 10 minutos. Esto permitió obtener una preparación adecuada del mineral para llevar a cabo la flotación experimental. Los ensayos de flotación, realizados con un tiempo de acondicionamiento de 10 minutos, a un pH de 11 y una concentración de 18,5 mg/L de éterdiamina, resultaron en una recuperación de zinc del 80%. Los resultados obtenidos respaldan la necesidad de continuar con la investigación para determinar las mejores condiciones de flotación y optimizar la recuperación del zinc, lo cual está estrechamente relacionado con las características mineralógicas del mineral.
- 2- La caracterización mineralógica de la smithsonita en el prospecto Saturno, Chupaca – 2023, revela que este mineral presenta una alta concentración de zinc. Las muestras analizadas muestran que la smithsonita tiene una coloración marrón claro, con un hábito globular y masivo, y se encuentra asociada a las calizas. Además, se observa la presencia de cuarzo, formando bandas con cristales pequeños, así como también de forma masiva. No se identifican sulfuros en las muestras, y el mineral está cubierto por arcillas montmorilloníticas.
- 3- Los ensayos experimentales muestran que las variables del proceso de flotación, como el tipo de reactivo, el tiempo de acondicionamiento y la concentración, tienen un impacto significativo en la recuperación de zinc de la smithsonita. En el primer caso, utilizando sulfuro de sodio (Na_2S) a una concentración de 5 g/L y un tiempo de acondicionamiento de 3 minutos, se logró una recuperación de zinc del 92%, lo que indica que el sulfuro de sodio es un reactivo altamente eficaz para el acondicionamiento de las superficies de los carbonatos de zinc.

En el segundo caso, el uso de cloruro de magnesio y sodio a una concentración de 10 g/L también produjo una recuperación superior al 80%, lo que demuestra que estos reactivos son igualmente efectivos en el acondicionamiento superficial del mineral. Estos resultados refuerzan la importancia de las variables experimentales como el tipo y la concentración de reactivos y el tiempo de acondicionamiento, ya que afectan directamente la eficiencia del proceso de flotación y la recuperación de zinc.

RECOMENDACIONES

1. Sugerir a los titulares de la concesión, a desarrollar exploraciones al entorno del manto cubicado para determinar la existencia de mayores reservas de carbonatos de zinc.
2. Continuar con más pruebas metalúrgicas, para aplicar a nivel industrial, que otorguen beneficios económicos.
3. Realizar más estudios del comportamiento de los reactivos modificadores de superficies para evaluar la concentración de carbonatos de zinc del yacimiento por flotación.

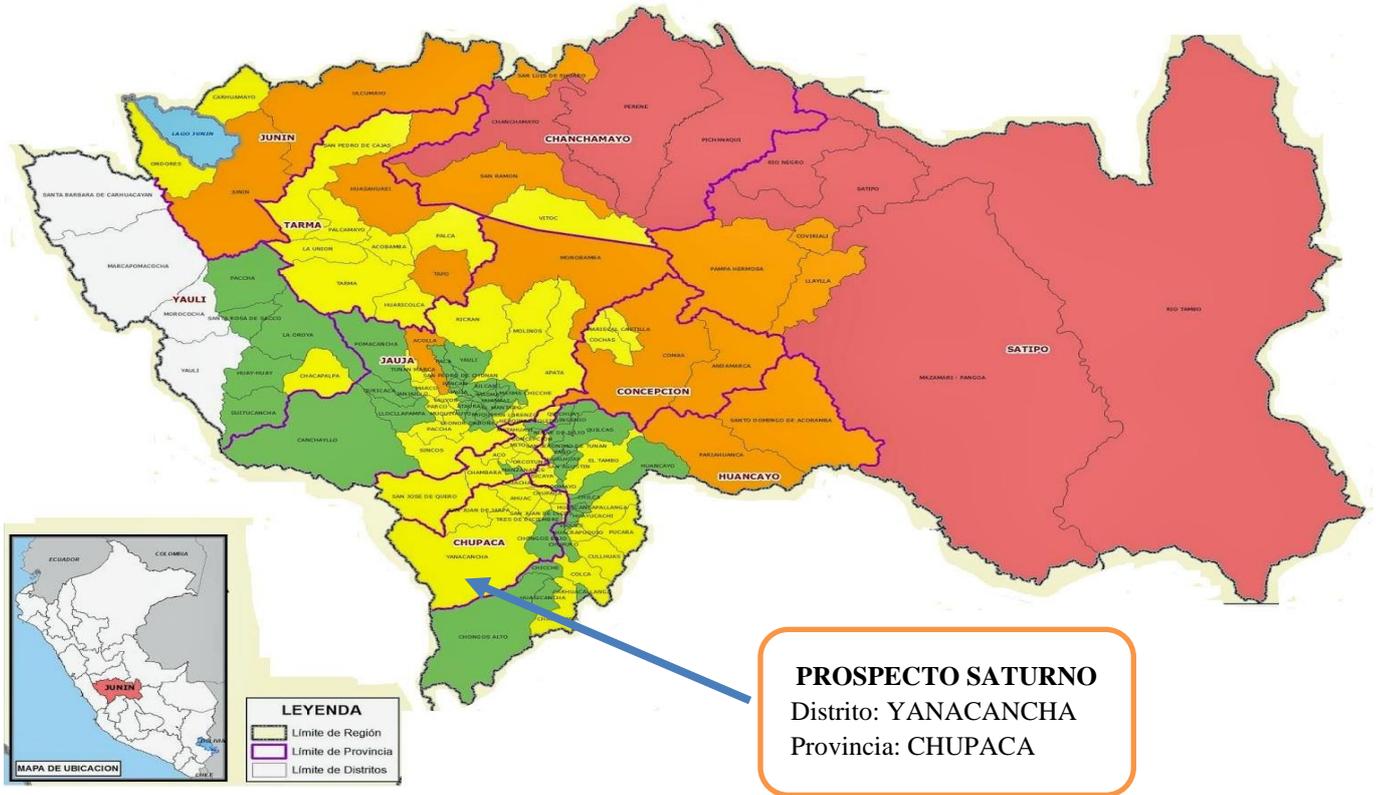
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, J. (2011). Flotación de minerales. Lima: JFSC.
- Acosta, A. (2015). Metalurgia de pórfidos de cobre - arsénico - oro. Lima: INGEMMET.
- Addison, R. (1986). Gold and Silver Extraction from Sulfides ores. *Mining Congress Journal* (págs. 47 - 54). Melbourne: Congress.
- Argall, G. (1984). Precious Metals Extraction. *International Mining* (págs. 32 - 44). Utha: Congress.
- Azañero, A. (1984). *Flotación del mineral de mina San Gregorio*. Lima: Banco Minero.
- Azañero, A. (1999). Modelos matemáticos para simular flotación industrial a partir de pruebas de laboratorio. *Instituto de Investigación de la FIGMMCG - UNMSM*, 69 - 83.
- Azañero, A. (2002). *Concentración y flotación de minerales*. Lima: UNMSM.
- Bergamashi, G. (1987). *Oro*. Madrid - España: Mondadori.
- Cánepa, C. (1992). *Mineralogía del Oro y su significación en Metalurgia*. Lima: Tecsup.
- Castro, S. (2006). *Flotación: Fundamentos y Aplicaciones*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Dana, E. (1981). *Tratado de mineralogía*. México: Continental.
- Dana, J. (1992). *Mineralogía de Dana*. Madrid - España: Reverte.
- Dorr, J. (1956). *Cyanidation and Concentration of Gold and Silver Ores*. New York: McGraw-Hill.
- Filmer, A. (1982). The Dissolution of Gold from roasted Pyrite Concentrates. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* (págs. 90 - 94). Johannesburgo: Journal Institute.
- Guzman, L. (2015). *Flotación de minerales*. Lima: Molycop Adesur.

- Hurtado, H. (2003). *Oro oculto en el Perú*. Lima: UNAS.
- Medina, O. (1976). *Tecnología de la flotación*. Lima: UNI.
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del Oro*. Lima: CEPETEC.
- Paez, O. (2010). *Apuntes de concentración de minerales I*. Atacama: Universidad de Atacama.
- Rio, J. (1982). *Método de producción y análisis físico químico del plomo y sus óxidos*. Lima: UNMSM.
- Rivera, G. (1960). *Mineralogía descriptiva*. Lima: UNMSM.
- Smith, K. (2005). *Manual del Falcon Concentrator*. Australia: Falcon.
- Sotillo, F. (1985). Sulfurización y flotación de cerusita y galena. *III Simposium de Metalurgia* (págs. 73 - 93). Lima: UNI.
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Trujillo, W. (1991). *Estudio termodinámico del proceso de cloruración para la recuperación de Pb - Ag de minerales oxidados*. Lima: UNMSM.
- Van, M. (2006). Nuevas Aplicaciones de Concentración Centrífuga. *VI Simposio Internacional de Mineralurgia*. Lima: Tecsup.
- Varios. (2008). Compañías mineras productoras de Oro en el Mundo y el Perú. *Mundo Minero*, págs. 70 - 72.
- Varios. (2008). Conferencias. *VIII Simposium Internacional del Oro* (pág. 257). Lima: snmp.
- Wills, B. A. (1991). *Mineral Processing Technology*. Mexico: Pergamon Press.

ANEXOS

ANEXO 1: Prospecto Saturno, provincia de Chupaca, Junín



ANEXO 2: Resultados de la cabeza del mineral del Prospecto Saturno



LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO - INFORME DE ANALISIS N° 0586-11-2023

RUC N° 20573116900
 QUIMBOL CHEMICAL S.A.C
 Cel. 910 865 181
 Laboratorio Químico.
 R. Acreditación 17025

A SOLICITUD DE	:	Carolay Chávez Callupe			
POR CUENTA DE	:	Carolay Chávez Callupe			
RUC N°	:				
COMPROBANTE	:	BOLETA ELECTRONICA			
FECHA DE RECEPCION	:	10/11/2023			
HORA DE ENTREGA	:	15:30 HRS			
LUGAR DE RECEPCION	:	Huariaca - Cerro de Pasco			
FECHA DE REPORTE	:	11/11/2023	CANTIDAD DE MUESTRAS	:	10
TIPO DE MUESTRA	:	Mineral	DESCRIPCION MUESTRAS	:	Mineral en grueso y finos
HORA DE REPORTE	:	21:35:55	TIPO DE ANALISIS	:	Análisis Químico Total
CONTRAMUESTRAS	:	No Solicito			

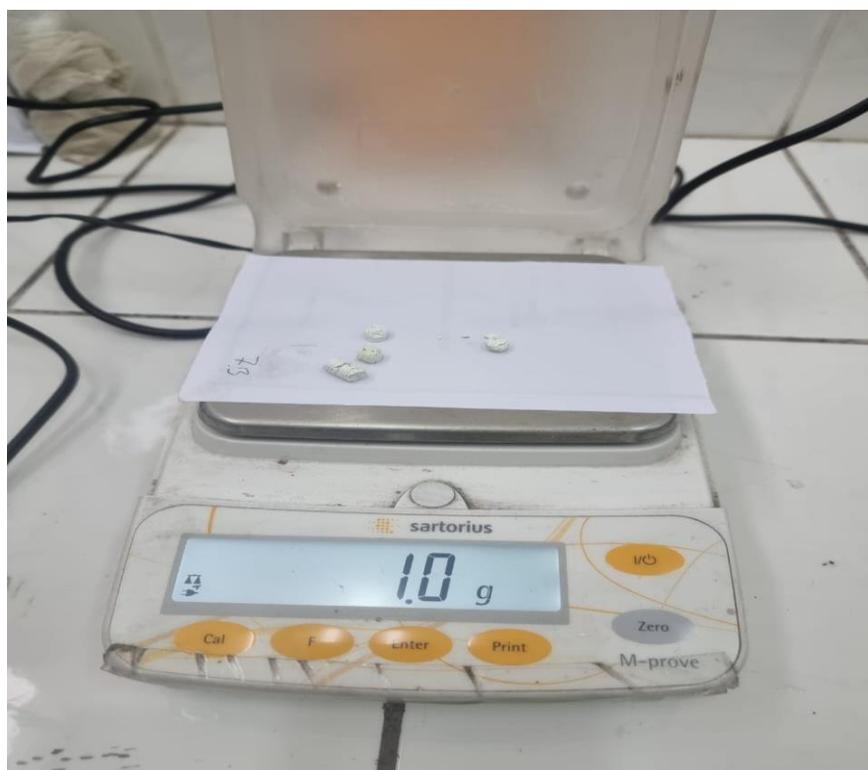
ID. INTERNO	Codigo Cliente	Au (g/tm)	% Zn	% Pb	Ag (Gr/TM)
LQC -MIN - 2304	Muestra 1	-	28.35	1.20	2.68
LQC -MIN - 2305	Muestra 2	-	27.63	0.68	2.14
LQC -MIN - 2306	Muestra 3	-	33.08	0.69	2.80
LQC -MIN - 2307	Muestra 4	-	37.33	0.72	2.60
LQC -MIN - 2308	Muestra 5		29.30	0.72	2.80
LQC -MIN - 2309	Muestra 6		32.20	0.76	2.58
LQC -MIN - 2310	Muestra 7		20.70	0.65	3.12
LQC -MIN - 2311	Muestra 8		26.40	0.66	4.20
LQC -MIN - 2312	Muestra 9		29.40	0.70	3.60
LQC -MIN - 2313	Muestra 10		28.20	0.84	2.70

ESQUEMA QC-MI-034-Au-N	Cu, Pb, Zn, Ag y As Espectrofotometría de Absorción Atómica Au/Fire Assay - Gravimetría leyes > a 5.00 g/tm
---------------------------	--

ANEXO 3: Fotografías



Fotografía 1. Preparación de muestras



Fotografía 2. Preparación de reactivos



Fotografía 3. Flotación de Zinc

ANEXO 4: Profundidades y pesos específicos del manto de carbonatos

N°	Profundidades	N°	Pesos Especifico
1	4,5	1	4.2
2	6,2	2	4.27
3	5,1	3	4.35
4	6,2	4	4.25
5	4,3	5	4.28
6	4,8	6	4.37
7	4,6	7	4.27
8	4,7	8	4.28
9	5,3	9	4.25
10	5,1	10	4.36
11	5,5	11	4.27
12	6,1	12	4.28
13	5,4	13	4.25
14	5,1	14	4.35
15	4,3	15	4.2
16	4,2	16	4.27
17	4,6	17	4.35
18	4,7	18	4.25
19	5,3	19	4.28
20	5,1	20	4.25
21	5,5	21	4.37
22	6,1	22	4.27
23	5,4	23	4.25
24	4,6	24	4.35
25	5,2	25	4.2
26	5,3	26	4.27
27	5,1	27	4.35
28	5,5	28	4.25
29	6,1	29	4.45
30	5,4	30	4.28
31	5,2	31	4.28
32	5,5	32	4.27
33	6,2	33	4.25
34	5,6	34	4.28
35	5,1	35	4.2
36	4,3	36	4.35
37	5,2	37	4.2
38	5,2	38	4.27
39	4,6	39	4.28
40	4,6	40	4.25
41	5,2	41	4.25
42	5,2	42	4.25
43	5,5	43	4.35
44	6,1	44	4.25
45	5,4	45	4.28
46	5,1	46	4.27
47	5,5	47	4.35
48	5,2	48	4.28
49	4,7	49	4.35
50	5,3	50	4.2

ANEXO 5: Técnica de recolección de muestras extraído del cuaderno de apuntes

N°	DESCRIPCIÓN	MUESTRA
1	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	1
2	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	2
3	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,38 m	3
4	Calicata de 1,41 m x 1,18 m x 2,45 m	4
5	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,25 m	5
6	Calicata de 1,20 m x 1,20 m x 2,45 m	6
7	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	7
8	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	8
9	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,48 m	9
10	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	10
11	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	11
12	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	12
13	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,38 m	13
14	Calicata de 1,41 m x 1,18 m x 2,45 m	14
15	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,25 m	15
16	Calicata de 1,20 m x 1,20 m x 2,45 m	16
17	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	17
18	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	18
19	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,48 m	19
20	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	20
21	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	21
22	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	22
23	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,38 m	23
24	Calicata de 1,41 m x 1,18 m x 2,45 m	24
25	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,25 m	25
26	Calicata de 1,20 m x 1,20 m x 2,45 m	26
27	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	27
28	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	28
29	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,48 m	29
30	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	30
31	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,38 m	31
32	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	32
33	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,38 m	33
34	Calicata de 1,41 m x 1,18 m x 2,45 m	34
35	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,25 m	35
36	Calicata de 1,20 m x 1,20 m x 2,44 m	36
37	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	37
38	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	38
39	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,48 m	39
40	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,33 m	40
41	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	41
42	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	42
43	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,38 m	43
44	Calicata de 1,41 m x 1,18 m x 2,45 m	44
45	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,25 m	45
46	Calicata de 1,20 m x 1,20 m x 2,43 m	46
47	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	47
48	Calicata de 1,15 m x 1,15 m x 2,35 m	48
49	Calicata de 1,30 m x 1,50 m x 2,48 m	49
50	Calicata de 1,00 m x 1,00 m x 2,45 m	50

ANEXO 6: JUICIO DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES
 - 1.1 Apellidos y nombres del experto: MAUTINO ROSALES, Marco Antonio
 - 1.2 Grado Académico: Ingeniero Metalúrgico
 - 1.3 Cargo e institución donde labora: Cía. Minera Volcan - Alparmarca
 - 1.4 Título de la investigación: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SMITHSONITA EN LA RECUPERACIÓN DE ZINC POR FLOTACIÓN EN EL PROSPECTO SATURNO – CHUPACA - 2023
 - 1.5 Autor del instrumento: Carolay Devorath CHÁVEZ CALLUPE
 - 1.6 Tesis: Ingeniero metalúrgico
 - 1.7 Nombre del instrumento: Validez del instrumento

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41- 60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
19. CLARIDAD	Está formulado en lenguaje apropiado					
20. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables				X	
21. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología				X	
22. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
23. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
24. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estudio					X
25. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos – científicos y del tema de estudio				X	
26. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables					X
27. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X
SUB TOTAL						
TOTAL						84 %

VALORACION CUANTITATIVA (Total x 0.20):

VALORACION CUALITATIVA:

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: *fuerte opinión no problemas*

Lugar y fecha: *Santiago* 10/09/2023



 Firma del experto

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: LUNA PORTILLO, Héctor
- 1.2 Grado Académico: Ingeniero Metalúrgico
- 1.3 Cargo e institución donde labora: Cía Minera LAS BAMBAS
- 1.4 Título de la investigación: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SMITHSONITA EN LA RECUPERACIÓN DE ZINC POR FLOTACIÓN EN EL PROSPECTO SATURNO – CHUPACA - 2023
- 1.4 Autor del instrumento: Carolay Devorath CHÁVEZ CALLUPE
- 1.5 Tesis: Ingeniero metalúrgico
- 1.6 Nombre del instrumento: Validez del instrumento

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado en lenguaje apropiado				✓	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					✓
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología					✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estudio					✓
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos – científicos y del tema de estudio					✓
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables					✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio					✓
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					✓
SUB TOTAL						
TOTAL						80%

VALORACION CUANTITATIVA (Total x 0.20):

VALORACION CUALITATIVA:

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: *puede aplicarse*

Lugar y fecha: *18/09/2023*

[Firma manuscrita]

 Firma del experto

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1 Apellidos y nombres del experto: CHICCHEAPAZA DEUDOR, Aldo
- I.2 Grado Académico: Ingeniero Metalúrgico
- I.3 Cargo e institución donde labora: SENATI - Oroya
- I.4 Título de la investigación: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SMITHSONITA EN LA RECUPERACIÓN DE ZINC POR FLOTACIÓN EN EL PROSPECTO SATURNO – CHUPACA - 2023
- I.5 Autor del instrumento: Carolay Devorath CHÁVEZ CALLUPE
- I.6 Tesis: Ingeniero metalúrgico
- I.7 Nombre del instrumento: Validez del instrumento

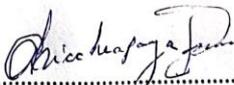
INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
10. CLARIDAD	Está formulado en lenguaje apropiado					X
11. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables				X	
12. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología				X	
13. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
14. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				X	
15. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estudio				X	
16. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos – científicos y del tema de estudio				X	
17. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables				X	
18. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio					X
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X
SUB TOTAL						
TOTAL						78%

VALORACION CUANTITATIVA (Total x 0.20):

VALORACION CUALITATIVA:

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: PODE APLICARLO

Lugar y fecha: La Oroya, 12/11/2023



 Firma del experto

MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SMITHSONITA EN LA RECUPERACIÓN DE ZINC POR FLOTACIÓN EN EL PROSPECTO SATURNO – CHUPACA – 2023

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>General</p> <p>¿Cómo desarrollar la evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el prospecto Saturno – Chupaca - 2023?</p>	<p>General</p> <p>Desarrollar la evaluación experimental de la smithsonita en la recuperación de zinc por flotación en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.</p>	<p>General</p> <p>Si desarrollamos la evaluación experimental de la smithsonita por flotación, entonces; se logrará recuperar zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023.</p>	<p>Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • % Recuperación de Zinc 	<p>% recuperación de Zinc</p>
<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la caracterización mineralógica de la smithsonita en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023? • ¿De qué manera las variables de la flotación influyen en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. 	<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar y desarrollar la caracterización mineralógica de la smithsonita en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. • Evaluar las variables que influyen en la flotación de smithsonita para la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. 	<p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si determinamos la caracterización mineralógica de la smithsonita, entonces, influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. • Si determinamos el rango de trabajo óptimo de las variables que intervienen en la flotación entonces influirá en la recuperación de zinc en el prospecto Saturno – Chupaca – 2023. 	<p>Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación experimental de la smithsonita 	<ul style="list-style-type: none"> • % minerales. • % de Ensayos químicos • Variables de flotación.