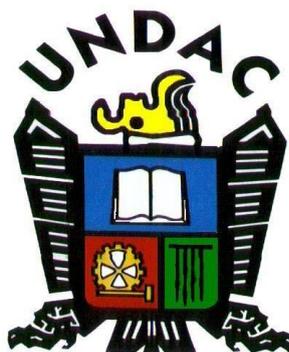


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



TESIS

Evaluación de colectores RC 415 Y MX 945 en la recuperación de cobre - Minera

Chinalco Perú S. A. – Morococha - 2021

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Cristian Oliver MAGNO SOLORZANO

Asesor: Dr. Hildebrando Anival CÓNDR GARCÍA

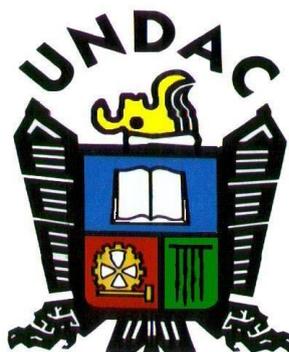
Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



TESIS

Evaluación de colectores RC 415 Y MX 945 en la recuperación de cobre - Minera

Chinalco Perú S. A. – Morococha - 2021

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO
PRESIDENTE

Mg. José Eli CASTILLO MONTALVAN
MIEMBRO

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO

DEDICATORIA

Se la dedico al forjador de mi camino y, al quien me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, que en todo momento está conmigo.

A mis padres, por su paciencia y amor. Tu bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad determinar la influencia de los colectores RC415 y MX 945 en la recuperación de cobre; se muestra una revisión de conceptos principales sobre la importancia de los colectores en la flotación de minerales de Cu; la correcta aplicación y uso de los balances metalúrgicos para establecer si un nuevo colector podría ser la alternativa de reemplazo a los colectores que se utilizan actualmente en la flotación industrial en Mineral Chinalco. Se llega a la conclusión que la mineralización existente en el depósito Toromocho es muy compleja debido a la presencia de silicatos en altos porcentajes como serpentina y talco; este último, por su dureza y bajo peso específico, adquiere la propiedad de hidrofobicidad y flota, compitiendo con los minerales de cobre. Los colectores utilizados RC 415 y MX 945 son instantáneos con un tiempo de acondicionamiento de 3 minutos antes de la flotación, a pH 10, se obtienen recuperaciones superiores al 85%, el primero es muy selectivo, mientras que éste último es menos selectivo en la recuperación de minerales de cobre.

Palabras claves: Dosificación, colector, recuperación, flotación

ABSTRACT

The present work aims to determine the influence of collectors RC 415 and MX 945 on copper recovery; a review is made of important concepts on the importance of collectors in the flotation of copper ores; the proper application and use of metallurgical balances to establish whether a new collector could be the replacement alternative to the collectors currently used in industrial flotation at Minera Chinalco. It is concluded that the existing mineralization in the Toromocho deposit is very complex due to the presence of silicates in high percentages such as serpentine and talc; the latter, due to its hardness and low specific weight, acquires the property of hydrophobicity and floats, competing with copper minerals. The collectors have a notable influence on the recovery of copper values and the collectors used RC 415 and MX 945 are instantaneous, with a conditioning time of 3 minutes before flotation, at pH 10, recoveries exceeding 85 % are obtained, the former is very selective, while the latter is less selective in the recovery of copper ores.

Keywords: Dosage, collector, recovery, flotation.

INTRODUCCIÓN

La Planta Concentradora de Minera Chinalco Perú S. A. procesa minerales de cobre y molibdeno; la mineralización es compleja, por la presencia de silicatos que ascienden a la superficie y compiten con los minerales de cobre al adherirse en las burbujas de aire, disminuyendo las recuperaciones y presentando constantes problemas a la flotación, razón por la cual se está desarrollando una serie de experimentos evaluando diversos factores para reducir los inconvenientes que se presentan en las operaciones, motivo del presente estudio.

La investigación se desarrolló del siguiente modo:

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, donde se ha considerado el diagnóstico, pronóstico y control de pronóstico del problema, formulando el problema, los objetivos, hipótesis, variables, diseño de investigación, justificación e importancia de la investigación en función a la aplicación de los dos colectores (RC 415 y MX 945) a nivel experimental.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, donde se ha considerado los antecedentes de investigaciones desarrolladas anteriormente, realizando una exposición secuencial de las bases teóricas de la flotación de minerales, definir los términos básicos, para luego formular las hipótesis y variables de estudio.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN, se da inicio con la identificación de la población, toma adecuada de muestras, para luego organizar a través de métodos y técnicas de investigación obtener la información requerida y luego procesarlas siguiendo la metodología propuesta.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN, se describe un resumen de la obtención de muestras como parte del trabajo de campo y a través de tablas y gráficos se

expone los resultados de las pruebas metalúrgicas realizadas, para luego contrastar estadísticamente las hipótesis presentadas y concluir la validez de las proposiciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se describe los resultados obtenidos en forma sintética, como también se recomienda las actividades futuras a realizar a partir de estos informes.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

INDICE

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y Determinación del Problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Delimitación espacial	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema principal	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 Tecnológica.....	4
1.5.2. Justificación Ambiental.....	4
1.5.3. Justificación Económico	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5
1.6.1. Tecnológicas.	5
1.6.2. Temporales.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.2. Bases teóricas-científicas	10
2.2.1. Flotación de minerales	10
2.2.2. Clasificación de reactivos de flotación	11
2.2.3. Colector (RC 415).....	12
2.2.4. Colector MX 945	14
2.3. Definición de términos básicos	16
2.4. Formulación de hipótesis	17

2.4.1. Hipótesis general.....	17
2.4.2. Hipótesis específicas	17
2.5. Identificación de variables	17
2.5.1. Variable dependiente.....	17
2.5.2. Variables independientes	17
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	18

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	19
3.2. Métodos de investigación.....	20
3.3. Diseño de investigación	20
3.4. Población y muestra	20
3.4.1. Población.....	21
3.4.2. Muestra.....	21
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5.1. Técnicas de recolección de datos	21
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	22
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	22
3.6.1. Análisis químico	22
3.6.2. Molienda y flotación experimental	25
3.6.3. Análisis de datos	29

3.7.	Tratamiento estadístico	29
3.8.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	29
3.9.	Orientación ética	30

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	32
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	33
4.3.	Prueba de hipótesis.....	44
4.3.1.	Primera hipótesis específica	44
4.3.2.	Segunda hipótesis específica.....	45
4.3.3.	Tercera hipótesis específica	46
4.3.4.	Hipótesis general.....	47
4.4.	Discusión de resultados.....	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Definiciones técnicas RC 415	13
Tabla 2 Propiedades del RC 415	13
Tabla 3	15
Tabla 4	15
Tabla 5 - Análisis químico de la muestra 1 de los polígonos diseñados	23
Tabla 6 - Análisis químico de la muestra 2 de los polígonos diseñados	23
Tabla 7 - Análisis químico de la muestra 3 de los polígonos diseñados	24
Tabla 8 - Análisis químico de la muestra 4 de los polígonos diseñados	24
Tabla 9 - Análisis químico de la muestra 5 de los polígonos diseñados	25
Tabla 10 - Análisis químico de la muestra 6 de los polígonos diseñados	25
Tabla 11 - Parámetros utilizados en la primera prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415	26
Tabla 12 - Parámetros utilizados en la segunda prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415	26
Tabla 13 - Parámetros utilizados en la tercera prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415	27
Tabla 14 - Parámetros utilizados en la cuarta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945.....	27
Tabla 15 - Parámetros utilizados en la quinta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945.....	28
Tabla 16 - Parámetros utilizados en la sexta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945.....	28

Tabla 17 Análisis químico promedio del yacimiento.....	33
Tabla 18 Composición del mineral analizado	34
Tabla 19 Resultados de la primera prueba metalúrgica utilizando RC 415	35
Tabla 20 Resultado de la segunda prueba metalúrgica utilizando RC 415	36
Tabla 21 Resultados de la tercera prueba metalúrgica utilizando RC 415.....	37
Tabla 22 Resultados de la primera prueba metalúrgica utilizando MX 945	38
Tabla 23 Resultados de la segunda prueba metalúrgica utilizando MX 945	39
Tabla 24 Resultados de la tercera prueba metalúrgica utilizando MX 945.....	40
Tabla 25 Comparación de la influencia de colectores RC 415 y MX 945	41
Tabla 26 Prueba de la segunda hipótesis específica.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de reactivos de flotación.....	10
Figura 2. Espectro de difracción de Rayos X del mineral Skarn.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Ilustración 1 Efecto de los colectores en la recuperación de cobre	33
Ilustración 2. Efecto de los colectores en la selectividad del cobre.....	34
Ilustración 3. Influencia de los colectores en la recuperación de cobre	35

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema

La Compañía Minera Chinalco Perú S.A., ubicado en el distrito de Morococha, es una empresa que procesa a gran escala el mineral de Cobre - Molibdeno y Plata por flotación. Desde sus inicios en el año 2016, el procesamiento del mineral extraído, presentó muchos problemas metalúrgicos, debido a su mineralogía que está compuesto de un mineral con alteraciones donde la presencia de la serpentina se observa en todo el yacimiento y esto impide que la flotación se realice bajo las condiciones que generalmente se realiza.

Durante el proceso de flotación, se observa una superficie de espumas blancas, con alta presencia de talco, debido a su menor dureza y peso específico y los minerales de cobre se encuentran en la parte inferior de estas espumas incrementando el tiempo de residencia en las celdas de flotación, con recuperaciones que no superan el 17% y en la etapa de espesamiento la velocidad

de sedimentación es muy lenta, requiriéndose mayor infraestructura y por el mayor tiempo de permanencia en las celdas de flotación, los minerales de cobre son desplazados sucesivamente hasta el relave final, elevándose el porcentaje en las colas.

Estos antecedentes orientaron a la gerencia a solicitar el desarrollo de pruebas metalúrgicas para evaluar la captación de minerales de cobre en las burbujas a través del intercambio iónico de diversos colectores y con mayor tiempo de residencia.

De continuar con los reactivos tradicionales, seguirá los problemas metalúrgicos, con bajas recuperaciones y seguirá presentando una inestabilidad operativa con zonas de evacuación extremadamente incontrolable, con sobresaturación al circuito al aumentar el tonelaje alimentado, es decir, el comportamiento en la flotación con este tipo de alteración litológica requerirá de mayores esfuerzos y desgaste de equipos como: bajas velocidades de sedimentación, ineficiencia de flujos en bombas, inestabilidad de porcentajes de sólidos en los alimentos, oleaje en celdas de flotación, ineficiencia de los reactivos, diferencias altas en lecturas de equipos analizadores en línea – Courier, baja recuperación de agua de proceso, etc.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El desarrollo del presente trabajo se desarrolló con el material, insumos, laboratorios en las instalaciones de Minera Chinalco – Morococha.

1.2.2. Delimitación temporal

El trabajo de investigación comprende diez meses (marzo – diciembre del 2021).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

¿Cómo influye los colectores RC 415 y MX 945 en la recuperación de cobre –Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la caracterización de los minerales que intervienen en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha - 2021?
- b) ¿Cuál es el comportamiento del colector RC 415 en la recuperación de cobre- Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?
- c) ¿Cuál es el comportamiento del colector MX 945 en la recuperación de cobre - Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los colectores RC 415 y MX 945 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Diagnosticar la caracterización de los minerales que intervienen en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha - 2021.

- b) Evaluar el comportamiento del colector RC 415 en la recuperación de cobre - Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.
- c) Evaluar el comportamiento del colector MX 945 en la recuperación de cobre- Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación justifica su ejecución en función de los siguientes criterios:

1.5.1. Justificación Tecnológica

Con la dosificación de reactivos colectores a los minerales del yacimiento Toromocho, se logrará obtener concentrados de cobre, que actualmente se tiene problemas por la complejidad mineralógica y bajas recuperaciones.

1.5.2. Justificación Ambiental

Los minerales despreciados como desmonte durante el minado por tener leyes bajas pueden ser procesados posteriormente, y el almacenamiento debe cumplir con los parámetros de control ambiental para no crear impactos adversos.

1.5.3. Justificación Económico

El procesamiento de los minerales de cobre de bajas leyes por tener una explotación intensiva (a tajo abierto), utilizando el proceso de flotación; debe obtener las máximas recuperaciones para darle valor comercial a los concentrados y por obtener utilidades a la empresa.

1.6. Limitaciones de la investigación

1.6.1. Tecnológicas.

A pesar de la búsqueda de información relevante, no existe en la nube electrónica estudios experimentales a similares minerales, que se encuentren en producción, lo cual es una limitante, a la vez un reto para desarrollar tecnología propia.

1.6.2. Temporales.

En los trabajos que se realiza en las instalaciones, todo está programado y solo existe tiempos cortos para desarrollar investigaciones que permitan sugerir algunas mejoras a la calidad de los concentrados, lo cual es una limitante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

1. Correa, Camila (2019) en su tesis designado “*Evaluación del efecto del pH y de los reactivos en la recuperación de cobre en circuito de flotación colectiva Cu-Mo en minera Los Pelambres*”, Universidad de Bio Bio – Chile, tiene como objetivo general: examinar efectos del pH y de los reactivos colectores en la recuperación de cobre en el circuito de flotación colectiva Cu- Mo.

Concluye:

- Las condiciones evaluadas en la preparación de lechada de cal demostraron tener gran relevancia en el aumento de la eficiencia de la planta, pudiendo disminuir el consumo hasta en un 31%. Esto mediante el control de las principales

variables evaluadas, el tipo de agua de apagado y tipo de cal, donde existe gran importancia su granulometría e impurezas presentes. De lo anterior se concluye que se debe trabajar con agua fresca, lo cual se debe a las grandes concentraciones de sulfato presente en el agua de proceso, y utilizar cal SIBELCO, puesto que posee menor granulometría y mayor pureza de CaO.

- Respecto a los efectos del pH en la recuperación no se observaron grandes diferencias, por lo tanto, se concluye que es posible trabajar a pH más bajo sin cambios significativos para todo tipo de mineral. Por otra parte, se analizaron los colectores, pudiendo concluir que al aumentar la concentración de MX8522 en un mineral con acidez natural es posible mejorar los resultados de recuperación de cobre, debido a la selectividad en este colector.

2. Chica, Raquel & Salinas, Génesis (2017) en su proyecto *“Concentración de mineral de cobre mediante el proceso de flotación con la variación del pH y tres tipos de colectores”*, Universidad del Azuay – Ecuador, opta como objetivo general el establecer la relación entre colector – pH para optimizar la concentración en el proceso de flotación.

Concluye:

- El colector (**Z-6**) logra su más alta recuperación de mineral de Cu a un pH 10, con un porcentaje de 66,6% y una recuperación más baja entre 57 y 60% con los pH (8-9), siendo un agente químico propio para la recuperación de cobre entre otros metales.
- El ditiofosfato AR-1242 halló los resultados de recuperación más bajos de las pruebas, pero en relación a los otros dos colectores que tienen su mayor recuperación en pH 10, este tiene en un pH 9 con 65,62% y la recuperación más baja en un pH 8 con 55,83%, este comportamiento se debe a que trabaja en pH natural.

La mayor recuperación de Cu se halló con el colector ditiofosfato AR-1208 con pH 10, logrando recuperar un 69,21% su eficiencia se obtiene por que trabaja mejor en pH de 10 a 13 y es de uso único para la recuperación de Cu

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vilca, H. (2019) en su tesis “*Evaluación de la flotación de óxidos de cobre mediante pruebas de reactivos en laboratorio*” Universidad Nacional San Agustín – Arequipa, tiene como objetivo general analizar la aplicación y dosificación de reactivos para la flotación de minerales oxidados de Cu en

laboratorio y obtiene los siguientes resultados:

- El análisis químico muestra que el 26% del Cu total se halla oxidado.
- La granulometría concluye que el 49% del contenido total de Cu y 67% del Cu (óxido) se halla en las fracciones finas (menores a 25 micras).
- La primordial especie de mineral oxidado de Cu se muestra como carbonato (56%). En el mineral se halla 4.1% de arcillas, primordialmente como caolinita. Las especies mineralógicas de sulfuros de cobre se encuentran liberadas en 64% para una molienda de $P_{80} = 150 \mu\text{m}$.
- El mineral muestra un contenido de mineral sin valor del 37% en pequeñas cantidades, el cual es un interferente para la flotación, por la obtención de lamas.
- Los análisis con menores sólidos (20%) en la flotación y mayor molienda ($P_{80} = 135 \mu\text{m}$), lograron incrementar en 3.3% más la recuperación de Cu y 7.8% más en la recuperación de Mo. posiblemente por un mejor apartamiento de finos.
- Los análisis con colectores y modificadores, indican que una mayor dosis del colector primario (35 g/t), logro incrementaren 1.1%

más la recuperación de Cu y 11.5% más en la recuperación de Mo.

- El análisis de flotación con la anticipación de lavado con ácido (H₂SO₄) no logra mejorar la recuperación de Cu, daña la recuperación de Mo y perjudica el grado de Cu-Mo en el concentrado por la activación de los insolubles.

El análisis de flotación con reactivos Cytec (MX945 / MX5160) obtuvieron 87 como conclusión que son una buena alternativa para utilizarlos en sustitución a los reactivos estándar (C4132/Z11) lograron mantener la recuperación de Cu ampliando la recuperación de Mo en 3.1%.

2.2. Bases teóricas-científicas

2.2.1. Flotación de minerales

La mayoría de las técnicas o métodos de separación, físicos o químicos, están basados en las diferencias de las propiedades de los materiales. La concentración de minerales por espuma, “tiene por definición de la separación de minerales mediante la flotación, depende principalmente de las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas que poseen. Los reactivos auxiliares ellos ayudan a la flotación mediante el método de la adsorción selectiva o formando complejos con las especies químicas que interfieren con la adsorción” (Maurice, Fuerstenau, & Kenneth, 2009, pág. 245).

Existen muchas variables, pero las que más afectan la flotación de los

minerales son las estas:

- La granulometría de la mena.
- método y dosificación de reactivos de flotación.
- Densidad de la pulpa
- porcentaje de sólidos.
- Tiempo de residencia.
- pH.
- Aireación y acondicionamiento de la pulpa.
- Temperatura de la pulpa.

2.2.2. Clasificación de reactivos de flotación

Se llama reactivos a los compuestos inorgánicos y orgánicos que influye en el proceso de flotación, ejerciéndose como colectores, modificadores, espumantes, etc.

Esto permite cederles las condiciones apropiadas para una separación óptima por flotación de las menas de importancia y la depresión de los minerales estériles que no tiene valor en el mercado para cada caso del proceso. La clasificación de los reactivos en el proceso de flotación es lo siguiente

- **Colectores:**

El objetivo principal es darles propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales.

Se llama colectores a los compuestos de carácter heteropolar; su grupo polar es la parte activa que se junta a la superficie del mineral en base a la adsorción (química o física).

- **Modificadores:**

Permite la medida de las condiciones de la acción de los colectores, ayudando a mejorar su selectividad.

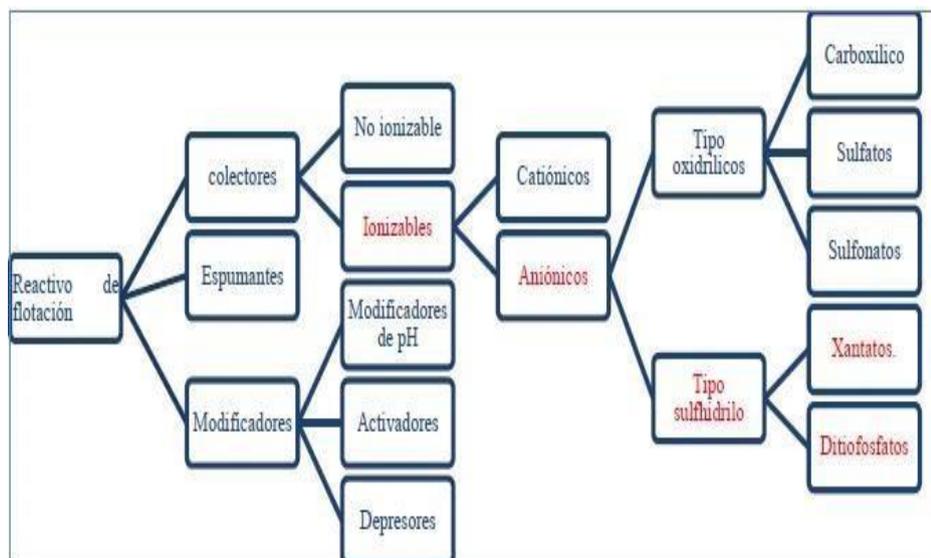
Los modificadores crean un ambiente favorable en la superficie de los minerales para el trabajo selectivo de los colectores

- **Espumantes:**

Proporciona la formación de burbujas estables, esto forma una superficie de espumas; el diámetro de dichas burbujas es variable de acuerdo a distintos factores de flotación.

Se llama espumantes a los son reactivos tensoactivos de carácter heteropolar, que se adsorben selectivamente en la interfase gas-líquido para dar paso a una espuma estable (Sutulov, 1963, pág. 68).

Figura 1 Distribución de reactivos de flotación



Fuente: Elaboración propia basados en Azañero, 2015, Pp. 71 – 71.

2.2.3. Colector (RC 415)

El reactivo (AERO Resco415), es una solución acuosa de un colector a basados en sal de ditiocarbamato para ser usados en la flotación de sulfuros

de cobre, plomo y zinc, oro libre, piritas auríferas, etc.

✦ Definiciones técnicas

Tabla 1

Definiciones técnicas RC 415

Propiedad	Característica
Solubilidad en el agua	Insoluble, pero dispersable
Gravedad específica	0,88 - 0,91 g/cc
Punto de congelación	- 150 °C
Color	Amarillo

Fuente: www.dqisa.com

✦ Propiedades

Tabla 2

Propiedades del RC 415

Propiedades	Característica
Color	Amarillo a marrón
Aspecto	Líquido claro
Olor	Característico

Fuente: www.dqisa.com

✦ Aplicaciones

- Tiene alta selectividad frente a los sulfuros como calcopirita, pirita, pirrotita, galena y blenda en circuitos alcalinos.

- Es un colector fuerte excelente para la flotación de partículas gruesas.
- Tiene la propiedad cinética rápida frente a la flotación de sulfuros.

Principales Usos

Se usa en flotación de Cu, Ag, Pb y Zn, como también en circuitos alcalinos de cobre metálico; sulfuros de cobre, cobre metálico y sulfuros de hierro en circuitos ácidos.

Dosificación:

La dosificación usada se encuentra en el rango de 0,02 – 0,20 lb/Ton (6 o 100 g/TM). Para su mayor selectividad y eficacia, la empresa especializada recomienda adicionarlo sin diluir.

La solución acuosa ayuda a mejorar una sinergia de colectores, la mezcla y las características de alimentación. Pero generalmente actuará rápido, un consejo, a veces es ventajoso adicionar parte o todo el colector al circuito de molienda. A lo contrario de los Xantatos este producto es super estable en circuito ácido (Ospina, 2020, pág.4).

2.2.4. Colector MX 945

El reactivo denominado (AERO MX 945), es una solución acuosa de un colector que se basa de sal de ditiocarbamato funcionalizado para ser usado en la flotación de sulfuros de cobre, plomo, níquel y zinc, oro libre, piritas auríferas.

✦ Especificaciones técnicas

Tabla 3
Definiciones técnicas del MX 945

Propiedad	Característica
Solubilidad en el Agua	Insoluble, pero Dispersable
Gravedad específica	0,86 - 0,90 g/cc
Punto de congelación	- 100 °C
Color	Marrón claro

Fuente: www.dqisa.com

✦ Propiedades

Tabla 4
Propiedades del MX 945

Propiedades	Característica
Color	Marrón claro
Aspecto	Líquido
Olor	Característico

Fuente: www.dqisa.com

✦ Aplicaciones

Tiene muy buena selectividad frente a pirita, pirrotita, esfalerita no activada y galena en circuitos alcalinos.

Colector fuerte excelente para la flotación de partículas

gruesas. Cinética rápida frente a la flotación de sulfuros.

Principales Usos

Se usa en la flotación de cobre, plata, plomo y sulfuros de zinc activado, así como también en circuitos alcalinos de cobre metálico; sulfuros de cobre, cobre metálico y sulfuros de hierro en circuitos ácidos.

- **Dosificación**

La dosificación recomendada está en el rango de 0,01 – 0,20 lb/Ton (5 o 100 g/TM). Para su máxima selectividad y eficacia, los especialistas recomiendan adicionarlo sin diluir.

La solución acuosa mejora la manipulación, la mezcla y las características de alimentación. Aunque generalmente actúa rápido, a veces es ventajoso adicionar parte o todo el colector al circuito de molienda. A diferencia del Xantatos este producto es estable en circuito ácido (Ospina, 2020, pág. 2).

2.3. Definición de términos básicos

Tratamiento: son los tipos de medios que se utilizan para mejorar u obtener resultados favorables o antagónicos.

Mineral: se le conoce como sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, que tiene composición química definida.

Mena: son llamados minerales que tienen valor económico, el cual está constituido entre un 5 y 10% del volumen general de la roca. Corresponden a minerales sulfurados y oxidados, que tienen el elemento de interés, por

ejemplo, cobre, molibdeno, zinc, etc.

Flotación: se conoce como proceso fisicoquímico que tiene tres fases (sólido – líquido -gaseoso) que su principal objetivo es 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

La dosificación de los colectores RC 415 y MX 945 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha - 2021.

2.4.2. Hipótesis específicas

a) La caracterización de los minerales influye significativamente en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.

b) La dosificación del colector RC 415 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.

c) La dosificación del colector Mx 945 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable dependiente

- Recuperación de cobre

2.5.2. Variables independientes

- Colector RC 415
- Colector MX 945

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Collectores RC415 y MX 945	Los reactivos colectores crean en la pulpa, las condiciones propicias para una óptima flotación y preparan la superficie de las partículas para adherirse a las burbujas de aire.	La función específica de los colectores es crear condiciones para la adherencia de las partículas de cobre a las burbujas de aire para su recuperación posterior por flotación.	Caracterización del mineral	Reconocimiento mineralógico
			Dosificación del colector RC 415	g/TM
			Dosificación del colector MX 945	g/TM
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Dependiente Recuperación de cobre	Proceso físico químico que permiten recuperar el mineral de cobre por adherencia de las partículas a las burbujas de aire.	Operación que consiste en la separación de los minerales deseados de los estériles, a través de la adherencia de las partículas finas valiosas a las burbujas de aire	Recuperación de cobre	%

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que hemos empleado es de Tipo **experimental** porque el investigador manipula las variables objeto del estudio. actuando conscientemente sobre el objeto de estudio, por lo tanto, los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2016, pág. 143).

- Por su naturaleza: experimental.
- Por el objeto de estudio: aplicado.

Se realizó una investigación experimental y aplicada, en este trabajo a nivel de laboratorio usando un control mínimo con la finalidad de encontrar las condiciones óptimas del estudio.

3.2. Métodos de investigación

Aplicamos el **método científico**, por su naturaleza que es **inductiva - deductiva**, siendo este método la lógica más efectiva para producir conocimiento, considerando el nivel descriptivo, explicativo y experimental.

- Descriptivo. Usando este método se efectuó la descripción de los fenómenos y comportamientos de los procesos que ocurren durante las pruebas experimentales.
- Explicativo. Al realizarse las pruebas experimentales se comprobó el respectivo comentario de la causa y efecto de cada etapa de las pruebas.
- Experimental. Se maneja las dimensiones de la variable independiente, para lograr respuestas al fenómeno que se produce (Bernal, 2016, pág. 145).

3.3. Diseño de investigación

Para la investigación usamos el diseño factorial debido a que se realiza la manipulación de las dimensiones de la variable independiente que tiene efecto sobre la variable dependiente.

Causa → Efecto

$X \rightarrow Y$

El diseño de investigación es experimental cíclico, ya que las pruebas siguen el proceso sistémico y no se desecha al relave hasta el final de la prueba, las pruebas se procesaron en el laboratorio metalúrgico de la empresa minera Chinalco S. A.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población está conformada por las reservas de mineral del yacimiento Toromocho, pertenecientes a minera Chinalco S. A.

A la actualidad, las exploraciones geológicas y el planeamiento de mina han logrado determinar que el depósito de Toromocho contiene una reserva de 1 526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0,48%, una ley promedio de molibdeno de 0,019% y una ley promedio de plata de 6,88 gramos por tonelada, basado en una ley corte de aproximadamente 0,37% de cobre (Knight, 2009, pág. 9)

La minera Chinalco, en la actualidad explota a tajo abierto, el yacimiento de pórfidos de cobre, con fracciones comerciales de molibdeno y plata, a una velocidad de extracción de 235 000 toneladas por día (tpd) de material (mineral, roca de desmonte y mineral de baja ley); equivalente a 2 700 millones de toneladas (Mt) de material que está proyectado a 32 años de minado. La planta concentradora procesa 117 200 tpd.

3.4.2. Muestra

La muestra está conformada por el mineral que a diario se extrae del tajo abierto en una parte de 2 kilos por punto, los cuales nos ayuda a realizar diversas pruebas, como parte de la política de la empresa.

En esta investigación se usó, 30 kilos de mineral representativo del yacimiento.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos para este estudio usamos el acopio de

datos obtenidos antes, durante y después de la experimentación, la cual “se define como un proceso sistemático para la obtención, recopilación y registro de datos empíricos de un objeto, un suceso, un acontecimiento o conducta humana que tiene por objetivo procesarlo y convertirlo en información” (Carrasco, 2017, p. 282).

Las técnicas que hemos desarrollado son:

- Muestreo por lotes y sucesivas etapas de cono y cuarteo.
- Ensayos químicos y estudios mineralógicos.
- Pruebas de molienda estándar.
- Pruebas de flotación estándar, promedio y modificado.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos, que hemos utilizado para la presente investigación son las tablas preestablecidas por la empresa y organizador de datos en Excel, para su posterior tratamiento.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Análisis químico

Para el ensayo químico, se preparó las muestras composito para su respectivo análisis por elementos, con los siguientes resultados:

Tabla 5 –

Análisis químico de la muestra 1 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.P1COMP.POLG.T=1	8,374	0,3593	57,887	19,356	0,197	0,754	42,84	3001
MET.P1COMP.POLG.T=3	2,937	0,0794	20,542	12,329	0,042	0,181	58,09	3921
MET.P1COMP.POLG.T=6	1,222	0,0223	10,882	8,979	0,023	0,075	63,47	4109
MET.P1COMP.POLG.T=12	0,715	0,0125	8,309	7,331	0,023	0,054	65,49	4011
MET.P1COMP.POLG.RLVE	0,091	0,0032	2,431	6,43	0,015	0,026	71,63	3295

Fuente: Lab. Minera Chinalco.

Tabla 6 –

Análisis químico de la muestra 2 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.P2COMP.POLG.T=1	7,849	0,3809	50,961	19,195	0,197	0,768	42,25	2919
MET.P2COMP.POLG.T=3	3,43	0,08	23,1	13,295	0,049	0,189	54,83	3980
MET.P2COMP.POLG.T=6	1,445	0,0225	11,957	9,483	0,022	0,08	61,53	4079
MET.P2COMP.POLG.T=12	0,852	0,013	8,795	8,66	0,018	0,06	65,12	4043
MET.P2COMP.POLG.RLVE	0,093	0,0025	0,972	6,768	0,01	0,025	72,59	3362

Fuente: Lab. Minera Chinalco.

Tabla 7 –

Análisis químico de la muestra 3 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.P3COMP.POLG.T=1	7,716	0,3626	50,351	19,735	0,184	0,745	41,3	2835
MET.P3COMP.POLG.T=3	3,037	0,0672	19,236	12,742	0,034	0,17	57,15	3991
MET.P3COMP.POLG.T=6	1,19	0,0219	10,174	8,713	0,022	0,076	64,21	4194
MET.P3COMP.POLG.T=12	0,752	0,0118	7,826	8,083	0,018	0,054	64,74	4109
MET.P3COMP.POLG.RLVE	0,091	0,0032	2,091	6,503	0,013	0,024	71,91	3214

Fuente: Lab. Minera Chinalco

Tabla 8 –

Análisis químico de la muestra 4 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.P4COMP.POLG.T=1	5,911	0,2517	38,474	26,35	0,142	0,548	31,1	2211
MET.P4COMP.POLG.T=3	3,312	0,0776	18,882	18,496	0,043	0,184	47,3	3445
MET.P4COMP.POLG.T=6	1,346	0,0235	10,084	14,719	0,022	0,081	55,9	3711
MET.P4COMP.POLG.T=12	0,808	0,0126	8,794	10,711	0,017	0,06	61,1	3828
MET.P4COMP.POLG.RLVE	0,1	0,0023	1,11	5,526	0,007	0,028	74,5	3385

Fuente: Lab. Minera Chinalco.

Tabla 9 –

Análisis químico de la muestra 5 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.PICOMP.POLG.T=1	5,298	0,2232	36,094	28,192	0,124	0,522	30,75	2059
MET.PICOMP.POLG.T=3	2,754	0,066	39,35	21,893	0,036	0,169	44,26	2898
MET.PICOMP.POLG.T=6	1,434	0,0231	11,851	15,816	0,02	0,082	53,96	3826
MET.PICOMP.POLG.T=12	0,822	0,0126	6,909	11,047	0,016	0,055	61,55	3938
MET.PICOMP.POLG.RLVE	0,084	0,0019	0,718	5,135	0,007	0,022	77,01	3509

Fuente: Lab. Minera Chinalco.

Tabla 10 –

Análisis químico de la muestra 6 de los polígonos diseñados

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
MET.PICOMP.POLG.T=1	4,685	0,1913	31,014	30,446	0,118	0,448	26,37	1740
MET.PICOMP.POLG.T=3	2,592	0,06	17,137	22,395	0,033	0,163	41,89	2621
MET.PICOMP.POLG.T=6	1,284	0,0186	11,072	15,241	0,023	0,075	54,38	3440
MET.PICOMP.POLG.T=12	0,763	0,0109	6,89	11,768	0,015	0,055	60,05	3565
MET.PICOMP.POLG.RLVE	0,078	0,0018	1,437	4,627	0,009	0,023	77,99	3290

Fuente: Lab. Minera Chinalco.

3.6.2. Molienda y flotación experimental

Las pruebas de molienda y flotación experimental se realizaron en forma conjunta, evaluando la influencia de los colectores influyentes en la presente investigación, del siguiente modo:

	METALURGIA PROCESOS	Fecha: 31-May
	Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
Muestra : Muestra composito poligonos
Velocidad de Celda :
Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 11 - *Parámetros utilizados en la primera prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415*

Proceso	Tiempo (min)	p H	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)				
						Resco41 5	H52 1	H7 5	NaC N	
Molienda	160 µm				1	3	18			
Acondicionamiento	3	10			1	9		18		
Flotación 1	1									
Flotación 2	3									
Flotación 3	6									
Flotación 4	12									
				total	0	2	12	18	18	0

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco.

	METALURGIA PROCESOS	Fecha: 31-May
	Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
Muestra : Muestra composito poligonos
Velocidad de Celda :
Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 12 - *Parámetros utilizados en la segunda prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415*

Proceso	Tiempo (min)	p H	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)				
						Resco41 5	H52 1	H7 5	NaC N	
Molienda	160 µm				2	5	18			
Acondicionamiento	3	10			2	10		18		
Flotación 1	1									
Flotación 2	3									
Flotación 3	6									
Flotación 4	12									
				total	0	4	15	18	18	0

	METALURGIA PROCESOS	Fecha: 31-May
	Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
Muestra : Muestra composito poligonos
Velocidad de Celda :
Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 13 - Parámetros utilizados en la tercera prueba metalúrgica utilizando el colector Resco 415

Proceso	Tiempo (min)	pH	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)			
						Resco41 5	H52 1	H7 5	NaC N
Molienda	160 µm				3	8	18		
Acondicionamiento	3	10			3	12		18	
Flotación 1	1								
Flotación 2	3								
Flotación 3	6								
Flotación 4	12								
total				0	6	15	18	18	0

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco.

	METALURGIA PROCESOS	Fecha: 31-May
	Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
Muestra : Muestra composito poligonos
Velocidad de Celda :
Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 14 - Parámetros utilizados en la cuarta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945

Proceso	Tiempo (min)	pH	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)			
						Mx94 5	H52 1	H7 5	NaC N
Molienda	160 µm				1	3	18		
Acondicionamiento	3	10			1	9		18	
Flotación 1	1								
Flotación 2	3								
Flotación 3	6								
Flotación 4	12								
total				0	2	12	18	18	0

	METALURGIA PROCESOS Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Fecha: 31-May Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
 Muestra : Muestra compuesto poligonos
 Velocidad de Celda :
 Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 15 - Parámetros utilizados en la quinta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945

Proceso	Tiempo (min)	pH	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)			
						RMx94 5	H52 1	H7 5	NaC N
Molienda	160 µm				2	5	18		
Acondicionamiento	3	10			2	10		18	
Flotación 1	1								
Flotación 2	3								
Flotación 3	6								
Flotación 4	12								
total				0	4	15	18	18	0

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco.

	METALURGIA PROCESOS Pruebas Metalúrgicas : Cinética de flotación	Fecha: 31-May Metalurgista Luis Asto

1.- Característica de la prueba

Tipo : Cinética
 Muestra : Muestra compuesto poligonos
 Velocidad de Celda :
 Aereación : Aire (5-7 lt/min)

Tabla 16 - Parámetros utilizados en la sexta prueba metalúrgica utilizando el colector MX 945

Proceso	Tiempo (min)	pH	OR P	Ca l	Pa x	Reactivos (g/t)			
						RMx94 5	H52 1	H7 5	NaC N
Molienda	160 µm				3	8	18		
Acondicionamiento	3	10			3	12		18	
Flotación 1	1								
Flotación 2	3								
Flotación 3	6								
Flotación 4	12								
total				0	6	20	18	18	0

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco.

3.6.3. Análisis de datos

Los ensayos químicos nos muestran que, para cada polígono, los contenidos metálicos son similares, lo que demuestra la formación geológica fue casi homogénea de cada sección.

Para la evaluación de la cinética de flotación en las pruebas metalúrgicas consideramos una variación del tiempo de molienda, los reactivos que sedosifica a la flotación cambian; pero sobre todo en la presente investigación nos interesa observar y diferenciar la dosificación del RC 415 y MX 945, para evaluar la recuperación metalúrgica.

3.7. Tratamiento estadístico

Utilizando el software EXCEL y el MINITAB se organizó los datos obtenidos en tablas y gráficos; las pruebas de flotación desarrolladas fueron organizadas durante 12 días, el primero con adición de RC 415, el segundo con MX 945 y previo a las pruebas se realizó una revisión bibliográfica a los estudios de mineralización del yacimiento Toromocho; cabe recalcar que por sugerencia de jefatura de la empresa, las pruebas se desarrollaron diariamente para evaluar el comportamiento del mineral y recuperación sin el apoyo de algún diseño estadístico preestablecido

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

Mediante la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación, se desarrolló tomando en cuenta tres factores:

- a) Verificamos el acopio de la muestra y el procesamiento del mismo, en calidad y cantidad; del mismo modo, la calidad de los equipos instalados y el grado de preparación de los reactivos.

- b) La intervención del ser humano en las pruebas metalúrgicas; analizando su experiencia y dificultades.
- c) Comprobando los antecedentes de fabricación y usos de los colectores sujetos a experimentación.

Validez y confiabilidad experimental:

Los instrumentos utilizados en el desarrollo experimental fueron válidos y confiables por haber comprobado en la realidad el objetivo de la presente tesis, por lo tanto, un experimento es válido y confiable (resultados congruentes) cuando: Cuando los resultados que se obtienen se deben solamente a la variable independiente, se dice que tienen validez interna. Cuando se pueden generalizar los resultados con respecto a otras situaciones se llama: validez externa. Una de las dificultades que se nos presentan al realizar una investigación experimental, es que es difícil (si no imposible) aumentar al máximo un tipo de validez, a la vez que el otro se aumenta al máximo. (López & Gonzáles, 2014, p.16)

3.9. Orientación ética

La aprobación o la desaprobación están basados en la aceptación ética de la investigación, los cuales incluyendo el valor tecnológico y su validez científica, un parte aceptable de beneficios potenciales frente a los riesgos de daño, la minimización de los riesgos, los procedimientos adecuados de información aceptada (incluyendo la manera de adecuarse culturalmente y los mecanismos para garantizarla investigación), los procedimientos para el uso de las variables, y la consideración de la repercusión de la investigación sobre

la rentabilidad y economía de la empresa dedonde se encuentra el mineral, tanto durante la investigación como después de que esta termine . se tiene en cuenta la revisión científica previa y las leyes aplicables.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La empresa tiene personal que diariamente está muestreando, para llevarlo a los laboratorios de análisis petrográfico, químico, metalúrgico, dejando a empresas especializadas la simulación computacional de las operaciones por secciones o etapas.

- El responsable de la obtención de muestras es el departamento de geología y decide los puntos a muestrear en cada polígono. Cada punto muestreado es depositado en unas bolsas con un peso aproximado de 2,00 kilos, los cuales son llevados a chancado y luego, después de sucesivas etapas de cono y cuarteado y con una granulometría aproximada de malla 10 de la serie de Tyler, se deposita las muestras para los ensayos químicos y la diferencia de material se somete a pruebas metalúrgicas.

- Las muestras representativas obtenidas son derivadas al departamento de petrología para el respectivo análisis por microscopía electrónica de barrido.
- La experiencia de los profesionales en metalurgia y la constante participación de consultores externos, permite evaluar diariamente el comportamiento metalúrgico, para obtener las mejores recuperaciones que a diario se solicita a operaciones, ensayando con otros insumos, para una posible respuesta de mejora en los concentrados de cobre y molibdeno, por lo complejo de su mineralización.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Análisis químico medio

El análisis químico promedio del yacimiento, resultado del acopio de muestras durante 15 días es el siguiente:

Tabla 17 *Análisis químico promedio del yacimiento*

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (g/TM)	% Fe	% As	% Zn	% insol.	F (ppm)
	6,6	0,29	44,1	23,	0,1	0,	35,7	246
	39	5	3	87	6	63	8	0,83
				9		1		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Estudio mineralógico

Uno de los mayores problemas en la flotación de cobre y molibdeno, es la presencia de serpentina y talco, que tiene propiedades hidrófobas y perjudica una buena separación entre los elementos valiosos a flotar y los indeseables a deprimir. Para realizar la caracterización mineralógica Cuantitativa se utilizó la técnica de difracción de rayos X, utilizando un equipo

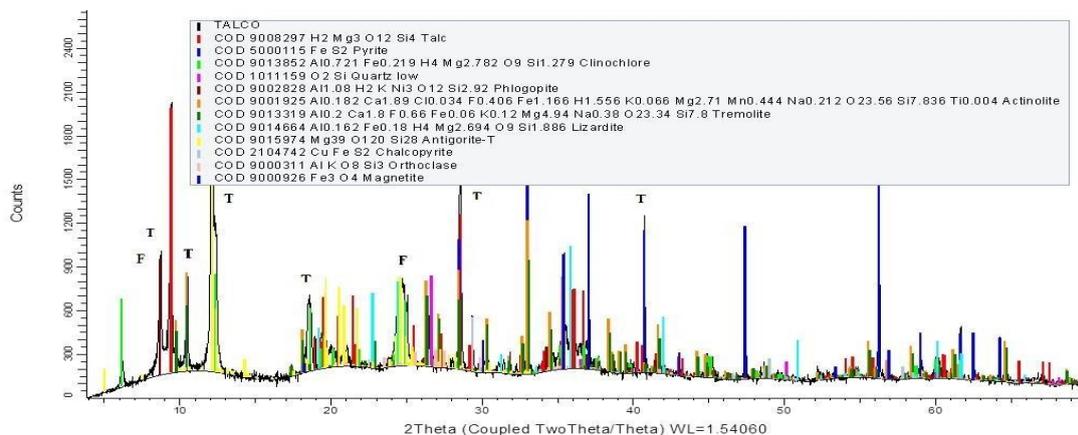
D2 Phaser. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente y figura adjunta, donde se observa contenidos con picos de 22,581% de serpentina y de 9,897% de talco, consideradoun contenido alto de material hidrofóbico lo cual es perjudicial para la flotación.

Tabla 18 *Composición del mineral analizado*

Mineral	%
Serpentina (Antigorita)	22,581
Clorita (Clinocloro)	19,465
Anfibol (Tremolita)	11,308
Talco	9,897
Pirita	9,549
Mica (Muscovita)	8,922
Mica (Biotita)	4,487
Serpentina (Lizardita)	3,503
Magnetita	2,849
Feldespató - K (Ortoclasa)	2,43
Mica (Flogopita)	2,378
Cuarzo	1,673
Calcopirita	0,959

Fuente: Minera Chinalco Perú – Área de Metalurgia - D2 Phaser

Figura 2. Espectro de difracción de Rayos X del mineral Skarn



Fuente: Minera Chinalco Perú – Área de Metalurgia - D2 Phaser

Tabla 19

Resultados de la primera prueba metalúrgica utilizando RC 415

Productos	Tiempo	Peso(gr)	%peso	Ensayos%								Recuperación								Recuperación Acumulada							
				Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	Ins	F(ppm)	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F
Cabeza Analizada	0	1530,00	100,00	0,54	0,02	3,65	7,57	0,02	0,06	71,91	3454									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ConcentradoN1	1	63,40	4,14	8,37	0,36	57,89	19,36	0,20	0,75	42,84	3001	61,5	70,9	42,6	11,1	34,4	49,8	2,5	3,7	61,5	70,9	42,6	11,1	34,4	49,8	2,5	3,7
ConcentradoN2	3	47,07	3,08	2,94	0,08	20,54	12,33	0,04	0,18	58,09	3921	16,0	11,6	11,2	5,2	5,4	8,9	2,6	3,6	77,5	82,6	53,8	16,3	39,8	58,6	5,1	7,3
ConcentradoN3	6	37,47	2,45	1,22	0,02	10,88	8,98	0,02	0,08	63,47	4109	5,3	2,6	4,7	3,0	2,4	2,9	2,2	3,0	82,8	85,2	58,6	19,4	42,2	61,6	7,3	10,4
ConcentradoN4	12	35,82	2,34	0,72	0,01	8,31	7,33	0,02	0,05	65,49	4011	3,0	1,4	3,5	2,4	2,3	2,0	2,2	2,8	85,8	86,6	62,0	21,8	44,4	63,6	9,5	13,2
Relave		1346,24	87,99	0,091	0,00	2,43	6,43	0,02	0,03	71,63	3295	14,2	13,4	38,0	78,2	55,6	36,4	90,5	86,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cabeza Calculada		1530,0	100,00	0,56	0,021	5,63	7,23	0,02	0,06	69,68	3339	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0								
												0,0															
												4,1															
												7,2															
												9,7															
												12,0															
Masa 12,010%				Factor Metalurgico		613,0	624,2	320,2	39,4	164,4	336,4	7,6															
				Concentrado		4,03	0,15	29,07	13,10	0,09	0,33	55,37	3659,46														
				Promedio																							
	4,14	Concentrado		8,37	0,36	57,89	19,36	0,20	0,75	42,84	3001,00																
		promedio																									
				Espuma apretada																							
				Alta presencia de																							
				Fe																							
				Alta presencia de																							
				Zn																							
				flotacion Dozil																							
				Alto insoluble presencia de talco																							

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco

Tabla 21

Resultados de la tercera prueba metalúrgica utilizando RC 415

Productos	Tiempo	Peso(gr)	%peso	Ensayos (%)								Recuperacion								Recuperacion Acumulada							
				Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	Ins	F(ppm)	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F
Cabeza Analizada	0	1530,00	100,00	0,54	0,02	3,65	7,57	0,02	0,06	71,91	3454									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ConcentradoN1	1	64,81	4,24	7,72	0,36	50,35	19,74	0,18	0,75	41,30	2835	58,5	72,2	42,0	11,3	36,6	51,2	2,5	3,7	58,5	72,2	42,0	11,3	36,6	51,2	2,5	3,7
ConcentradoN2	3	50,55	3,30	3,04	0,07	19,24	12,74	0,03	0,17	57,15	3991	17,9	10,4	12,5	5,7	5,3	9,1	2,7	4,0	76,4	82,6	54,5	17,0	41,8	60,4	5,2	7,7
ConcentradoN3	6	41,03	2,68	1,19	0,02	10,17	8,71	0,02	0,08	64,21	4194	5,7	2,8	5,4	3,2	2,8	3,3	2,5	3,4	82,1	85,4	59,9	20,2	44,6	63,7	7,7	11,1
ConcentradoN4	12	42,35	2,77	0,75	0,01	7,83	8,08	0,02	0,05	64,74	4109	3,7	1,5	4,3	3,0	2,3	2,4	2,6	3,5	85,8	86,9	64,2	23,3	46,9	66,1	10,3	14,6
Relave		1331,26	87,01	0,091	0,00	2,09	6,50	0,01	0,02	71,91	3214	14,2	13,1	35,8	76,7	53,1	33,9	89,7	85,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cabeza Calculada		1530,0	100,00	0,56	0,021	5,08	7,37	0,02	0,06	69,72	3274	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0								
												0,0															
												4,2															
												7,1															
												10,2															
												13,0															
Masa 12,990%						Factor Metalurgico	567,2	581,6	317,0	41,6	169,6	336,3	8,1														
						Concentrado	3,69	0,14	25,08	13,20	0,08	0,31	55,06	3681,08													
						Promedio																					
	4,24					Concentrado promedio	7,72	0,36	50,35	19,74	0,18	0,75	41,30	2835,00													
						Espuma apretada																					
						Alta presencia de Fe																					
						Alta presencia de Zn																					
						flotacion Dozil																					
						Alto insoluble presencia de talco																					

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco

• Pruebas de flotación con adición del colector MX 945

Tabla 22

Resultados de la primera prueba metalúrgica utilizando MX 945

Productos	Tiempo	Peso(gr)	%peso	Ensayos (%)								Recuperacion						Recuperacion Acumulada									
				Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	Ins	F(ppm)	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F
Cabeza Analizada	0	1530,00	100,00	0,54	0,02	3,65	7,57	0,02	0,06	71,91	3454									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ConcentradoN1	1	78,09	5,10	5,91	0,25	38,47	26,35	0,14	0,55	31,17	2211	52,7	68,5	47,3	18,0	45,5	44,5	2,3	3,4	52,7	68,5	47,3	18,0	45,5	44,5	2,3	3,4
ConcentradoN2	3	57,08	3,73	3,31	0,08	18,88	18,50	0,04	0,18	47,33	3445	21,6	15,4	17,0	9,2	10,1	10,1	2,5	3,8	74,3	84,0	64,3	27,2	55,5	55,5	4,8	7,2
ConcentradoN3	6	45,21	2,95	1,35	0,02	10,08	14,72	0,02	0,08	55,97	3711	7,0	3,7	7,2	5,8	4,1	3,8	2,3	3,3	81,3	87,7	71,4	33,0	59,6	59,3	7,1	10,5
ConcentradoN4	12	41,10	2,69	0,81	0,01	8,79	10,71	0,02	0,06	61,10	3828	3,8	1,8	5,7	3,8	2,9	2,6	2,3	3,1	85,1	89,5	77,1	36,8	62,5	61,9	9,4	13,6
Relave		1308,52	85,52	0,100	0,00	1,11	5,53	0,01	0,03	74,59	3385	14,9	10,5	22,9	63,2	37,5	38,1	90,6	86,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cabeza Calculada		1530,0	100,00	0,57	0,019	4,15	7,48	0,02	0,06	70,44	3348,85	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0								

Masa 14,476

Factor Metalurgico 499,8 553,4 411,0 93,8 269,5 264,3 6,2
 Concentrado 3,36 0,12 22,12 19,05 0,07 0,27 45,95 3135,28
 Promedio

5,10 Concentrado promedio 5,91 0,25 38,47 26,35 0,14 0,55 31,17 2211,00

Espuma apretada
 Alta presencia de Fe
 Alta presencia de Zn
 flotacion Dozil
 Alto insoluble presencia de talco

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco

Tabla 24

Resultados de la tercera prueba metalúrgica utilizando MX 945

Productos	Tiempo	Peso(gr)	%peso	Ensayos%								Recuperación						Recuperacion Acumulada									
				Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	Ins	F(ppm)	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F
Cabeza Analizada	0	1530,00	100,00	0,54	0,02	3,65	7,57	0,02	0,06	71,91	3454									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ConcentradoN1	1	99,55	6,51	4,69	0,19	31,01	30,45	0,12	0,45	26,37	1740	56,3	71,6	45,1	26,1	43,3	49,3	2,4	3,6	56,3	71,6	45,1	26,1	43,3	49,3	2,4	3,6
ConcentradoN2	3	65,92	4,31	2,59	0,06	17,14	22,40	0,03	0,16	41,89	2621	20,6	14,9	16,5	12,7	8,0	11,9	2,5	3,6	76,9	86,4	61,5	38,8	51,4	61,2	4,9	7,1
ConcentradoN3	6	45,42	2,97	1,28	0,02	11,07	15,24	0,02	0,08	54,38	3440	7,0	3,2	7,3	6,0	3,9	3,8	2,2	3,2	84,0	89,6	68,9	44,8	55,2	64,9	7,1	10,3
ConcentradoN4	12	43,58	2,85	0,76	0,01	6,89	11,77	0,02	0,06	60,05	3565	4,0	1,8	4,4	4,4	2,4	2,6	2,4	3,2	88,0	91,4	73,3	49,2	57,6	67,6	9,3	13,5
Relave		1275,53	83,37	0,078	0,00	1,44	4,63	0,01	0,02	77,99	3290	12,0	8,6	26,7	50,8	42,4	32,4	90,5	86,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cabeza Calculada		1530,0	100,00	0,54	0,017	4,48	7,59	0,02	0,06	71,86	3172,61	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0								

Masa 16,632%

Factor Metalurgico 465,5 502,2 322,6 145,5 199,8 274,6 5,5
 Concentrado 2,86 0,10 19,73 22,45 0,06 0,24 41,16 2584,20
 Promedio

6,51 Concentrado promedio 4,69 0,19 31,01 30,45 0,12 0,45 26,37 1740,00

- _____
- Espuma apretada
- _____
- Alta presencia de Fe
- _____
- Alta presencia de Zn
- _____
- flotacion Dozil
- _____
- Alto insoluble presencia de talco

Fuente: Laboratorio Minera Chinalco

4.2.4. Comparación de resultados

Tabla 25

Comparación de la influencia de colectores RC 415 y MX 945

		Cabeza % (g/t)																K	Rmax	Mass pull
Condiciones		Concentrado Rougher %g/t								Recuperacion en Concentrado (%)										
	g/t	Cu	Mo	Ag	Fe	As	Zn	Ins	Ins	Cu	Mo	Ag	Fe	As	Zn	Ins				
		0,56	0,02	4,70	7,47	0,02	0,06	70,68	3326,3											
RC415	12,0	4,03	0,151	29,07	13,10	0,09	0,33	55,37	3659,5	85,81	86,58	62,01	21,75	44,44	63,57	9,54	1,32	82,8%	12,01	
	15,0	3,94	0,153	27,02	13,50	0,09	0,33	54,16	3666,5	85,46	89,45	79,39	21,65	54,24	64,64	9,37	1,08	82,3%	12,17	
	20,0	3,69	0,142	25,08	13,20	0,08	0,31	55,06	3681,1	85,84	86,91	64,17	23,25	46,94	66,09	10,26	1,19	82,5%	12,99	
MX-945	12,0	3,36	0,116	22,12	19,05	0,07	0,27	45,95	3135,3	85,05	89,50	77,13	36,85	62,45	61,86	9,44	0,98	82,1%	14,48	
	15,0	3,10	0,107	27,15	21,12	0,06	0,26	44,21	2948,0	86,88	90,96	87,16	42,47	61,38	68,20	9,34	1,02	83,4%	15,22	
	20,0	2,86	0,096	19,73	22,45	0,06	0,24	41,16	2584,2	87,99	91,37	73,25	49,17	57,64	67,58	9,33	1,04	84,6%	16,63	

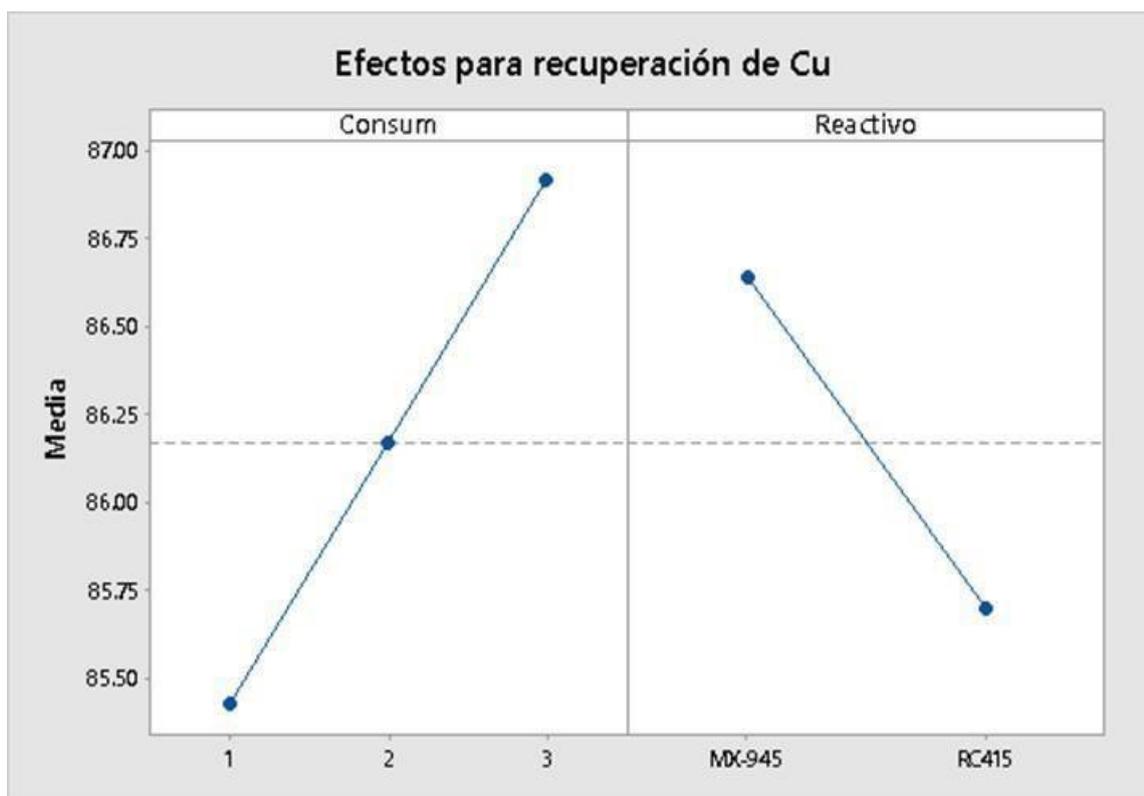
Fuente: Laboratorio Minera Chinalco I Efecto de los colectores en la recuperación de cobre

4.2.3. Cinética de la flotación

Después de realizar las pruebas experimentales de flotación con dos colectores, los resultados son los siguientes:

- Pruebas de flotación con adición del colector RC 415

Ilustración 1. Efecto de los colectores en la recuperación de cobre era Chinalco

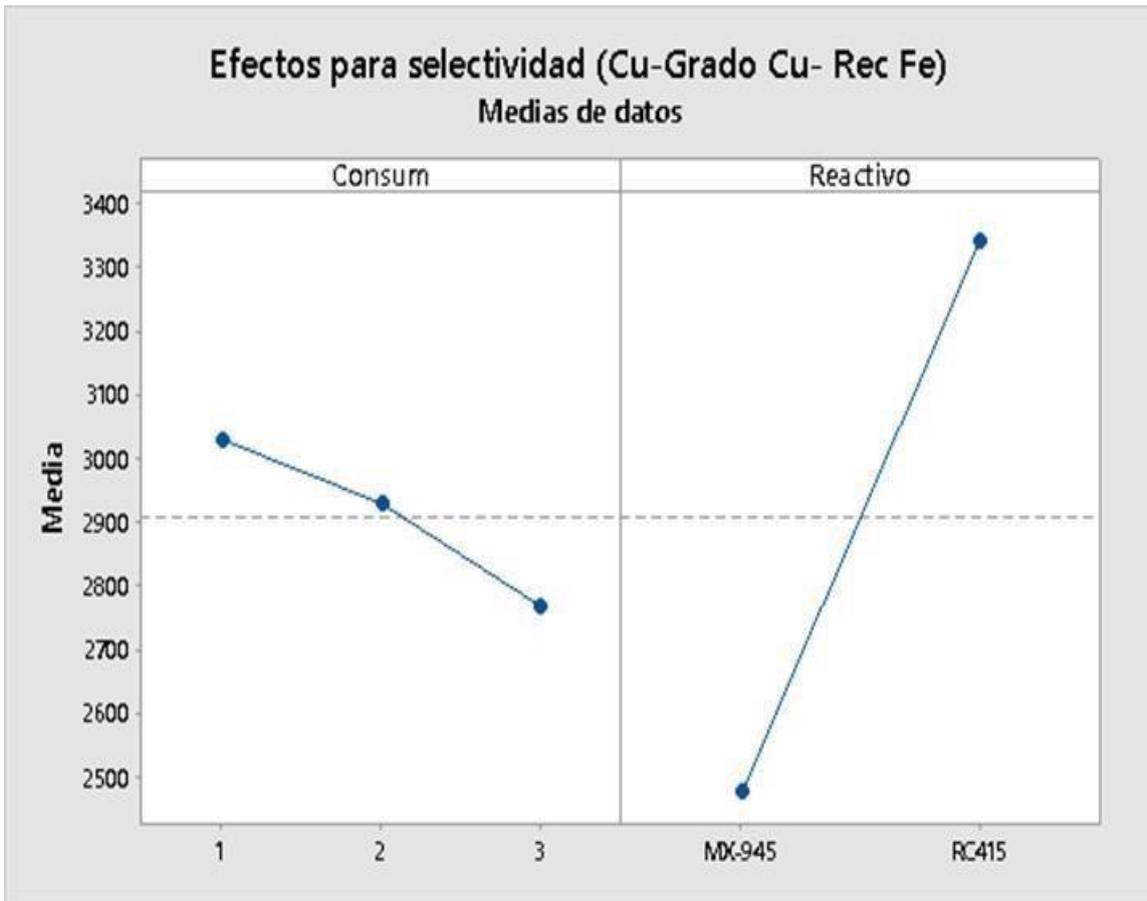


Fuente: Laboratorio Minera Chinalco

Comentario: Las mayores recuperaciones se obtiene con la adición del colector MX 945, alcanzando 86,60% de recuperación, con una actividad rápida que no supera 60 segundos de flotación.

Utilizando el colector RC 415, las recuperaciones son menores, alcanzando la máxima recuperación de 85,70% de cobre, del mismo modo también la acción es instantánea y la flotación a nivel experimental no supera los 60 segundos.

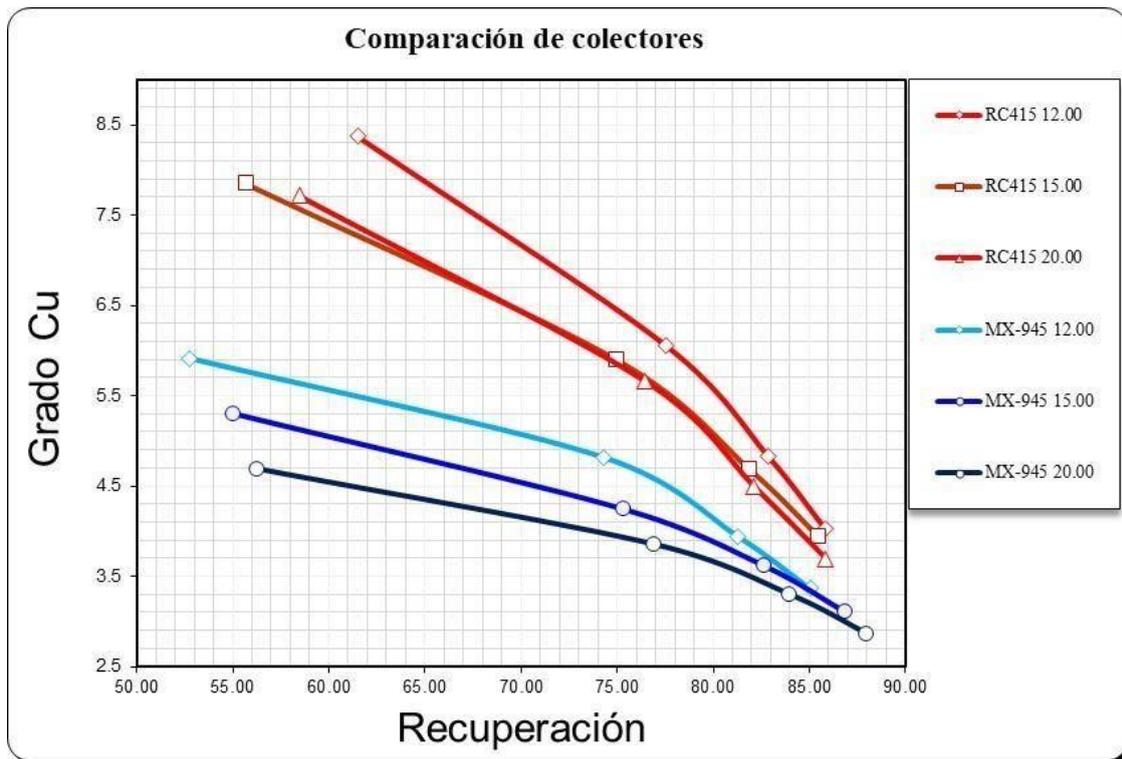
Ilustración 2. Efecto de los colectores en la selectividad del cobre



Fuente: Laboratorio minera Chinalco

Comentario: Observando el gráfico se observa que el colector MX 945, no es selectivo; en cambio el colector RC 415 tiene una alta selectividad, pero la recuperación es menor en 1% de cobre, tal como se puede observar en el gráfico anterior. Un incremento de fracciones de porcentaje en la recuperación de cobres importante, debido al volumen de procesamiento que realiza a diario minera Chinalco.

Ilustración 3. Influencia de los colectores en la recuperación de cobre



Fuente: Laboratorio minera Chinalco.

Comentario: En el gráfico adjunto se puede observar la influencia de los colectores en la recuperación de valores de cobre por flotación, el colector MX 945 tiene las mayores recuperaciones llegando a 88%, de efecto rápido y que, apartir de los 10 segundos de flotación experimental, ya alcanza el 85%, manteniéndose hasta el final sin incremento.

El colector RC 415, tiene menores recuperaciones, alcanzando hasta 86% decobre en 10 segundos de flotación experimental, pero es más selectivo. Ambos colectores tienen acción instantánea y su adición se efectúa en la celda de flotación.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Primera hipótesis específica

La caracterización de los minerales influye significativamente en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021.

- i. Formular la hipótesis de investigación
 - H_0 : La caracterización de los minerales no influye significativamente en la flotación de cobre – Minera Chinalco S. A. – Morococha – 2021 (**Hipótesis nula**).
 - H_a : La caracterización de los minerales influye significativamente en la flotación de cobre – Minera Chinalco S. A. – Morococha – 2021 (**Hipótesis alterna**).

- ii. Conclusión

Tratándose de una declaración literal de la influencia de los minerales accesorios; para esta hipótesis específica, no se considera el tratamiento estadístico; pero por los problemas metalúrgicos que a diario se presentase concluye que hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y afirmar que la presencia de minerales accesorios como serpentina, talco, entre otros silicatos si influye en la flotación de cobre.

4.3.2. Segunda hipótesis específica

La dosificación del colector RC 415 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021.

- i. Formular la hipótesis de investigación
 - H_0 : La dosificación del colector RC 415 no influye significativamente en la recuperación de cobre - Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021 (**hipótesis nula**).
 - H_a : La dosificación del colector RC 415 influye significativamente en la recuperación de cobre - Minera

Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021 (**hipótesis alterna**)

- iii. Fijar el nivel de significación (α): $\alpha = 0,05$ iii.
- iv. Estadístico de prueba: Z de Wilcoxon y significancia p – valor $<0,05$ iv.
- v. Decisión:

Tabla 26

Prueba de la segunda hipótesis específica

	Establecimiento de los parámetros óptimos de operación
Z	- 2,230
Sig. Asintótica (bilateral)	0,030

Fuente: Elaboración propia.

- v. Conclusión

Con un nivel de significancia del 0,05, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y afirmar que la dosificación del colector RC 415 sí influye en la recuperación de cobre, toda vez que el estadístico Z de Wilcoxon es -2,230.

4.3.3. Tercera hipótesis específica

La dosificación del colector MX 945 influye en la recuperación de cobre –Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021.

- Formular la hipótesis de investigación

H_0 : La dosificación del colector MX 945 no influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha –2021 (**hipótesis nula**).

- H_a : La dosificación del colector MX 945 influye significativamente en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021 (**hipótesis alterna**).
- Fijar el nivel de significación (α): $\alpha = 0,05$ iii. Estadístico de prueba: Z de Wilcoxon y significancia p – valor $<0,05$ iv.

Decisión:

Tabla 26 Prueba de la segunda hipótesis específica

	La concentración óptima de RA CN300 aplicada al proceso de flotación
Z	- 2,240
Sig. Asintótica (bilateral)	0,030

Fuente: Elaboración propia.

v. **Conclusión**

Con un nivel de significancia del 0,05, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y afirmar que: La dosificación del colector MX 945 influye significativamente en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S. A. – Morococha – 2021, toda vez que el estadístico Z de Wilcoxon es -2,240.

4.3.4. Hipótesis general

La hipótesis general señala que: La dosificación de los colectores RC 415 y MX 945 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A – Morococha - 2021.

Basado en los resultados de las hipótesis específicas es posible validar que la dosificación de los colectores RC 415 y MX 945 influye significativamente en el proceso de flotación de cobre - Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha - 2021.

4.4. Discusión de resultados

- Chica et al (2017), concluye: La dosificación del colector xantato amílico de potasio Z-6, permite alcanzar su mayor recuperación de mineral de cobre a un pH 10, con un porcentaje de 66,6% y a pH menores disminuye la recuperación; 57 y 60% con los pH 8 y 9, siendo el producto químico adecuado para la recuperación de cobre y otros metales.
- Con respecto al ditiofosfato AR-1242 se obtuvo los resultados más bajos de recuperación de la investigación; a pH 9 la recuperación fue 65,62% y a pH 8 la recuperación fue 55,83%, demostrándose la importancia de tener un pH adecuado.
- En la presente investigación, las recuperaciones a nivel experimental con la difícil mineralización del yacimiento alcanzan, con el colector RC 415 – 85% de cobre a partir de los 10 segundos de flotación y con el colector MX 945, la mejor recuperación es 88% de cobre a partir de 10 segundos de flotación. Cabe recalcar que los dos reactivos son de rápida acción y su adición se realiza al iniciar la flotación.
- El colector RC 415, es más selectivo en relación al colector MX 945; obteniendo un concentrado de cobre más limpio, la recuperación es menor, un porcentaje de cobre se desplaza a los relaves, los minerales que, a pesar de tener una granulometría media libre, todavía están asociados

con otros minerales. El colector MX 945, tiene mayores recuperaciones, mayores volúmenes de material, no es selectivo.

CONCLUSIONES

Evaluando los resultados de la presente investigación metalúrgica, se concluye que la mineralización presente en el yacimiento Toromocho, concesionado a Minera Chinalco Perú S. A. es muy compleja debido a la presencia de silicatos en altos porcentajes como son la serpentina y el talco; este último por su dureza (1,0) y bajo peso específico, adquiere la propiedad de hidrofobicidad y flota rápidamente compitiendo con los minerales de cobre.

La variable de mayor influencia para favorecer la flotación de valores de cobre, son los colectores; el colector RC 415, es de acción instantánea, se adicionó al acondicionador por 3 minutos, antes de la flotación, muy selectivo, las recuperaciones alcanzan 85 % de cobre en los concentrados, a un pH 10.

La adición del colector MX 945, también de acción instantánea, adicionado al acondicionador por 3 minutos, alcanza recuperaciones de 86% de cobre, como una recuperación acumulada, es menos selectivo

RECOMENDACIONES

Desarrollar más pruebas metalúrgicas, aplicando los colectores RC 415 y MX 945, en forma independiente, como también en sinergia.

Evaluar la depresión y/o posible deslamado antes de la flotación del talco y serpentinas por competir con los minerales de cobre, en la adherencia a las burbujas.

Desarrollar mayores estudios para evaluar la granulometría óptima, de recuperación de minerales de cobre, para evitar la presencia de los silicatos de dureza y peso específico bajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, J. (2011). Reactivos de flotación. En *Flotación de minerales* (págs. 42 - 47).
Lima: JFSC.
- Acosta, J. &. (2015). *Metalurgia de pórfidos de cobre - Arsénico - Oro - Molibdeno*.
Lima: INGEMMET.
- Agreda, C. (1996). *Operaciones mineras Unitarias de perforacion y voladura de rocas*.
- Azañero, A. (1984). *Flotación del mineral de mina San Gregorio*. Lima: Informe TécnicoN° 1643 - Banco Minero del Perú.
- Azañero, A. (1999). Modelos matemáticos para simular flotación industrial a partir de pruebas de laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación de la FIGMMG - UNMSM*, 69 - 83.
- Azañero, A. (2002). Concentración y flotación de minerales. En *Flotación de sulfuros* (págs. 7 - 8). Lima: UNMSM.
- Castro, S. (2006). *Flotación: Fundamentos y aplicaciones*. Concepción: Departamentode Metalurgia - Universidad de Concepción.
- Dana, E. (1981). *Tratado de mineralogía*. México: Continental.
- Guzman, L. (2015). *Flotación de minerales*. Lima: Molycop Adesur S. A. .
- Medina, O. (1976). Tecnología de la flotación. En O. Medina, *Flotación* (págs. 325 -335). Lima: UNI.
- Paez, O. (2010). *Apuntes de la concentración de minerales I*. Atacama: Universidad deAtacama.
- planta, S. d. (2015). *Manual de operaciones*. Cerro Verde: Tecsup.

- Rivera, G. (1960). *Mineralogía descriptiva*. Lima: UNMSM.
- Sotillo, F. (1985). Sulfurización y flotación de cerusita y galena. *Tercer Simposium de Metalurgia* (págs. 73 - 93). Lima: UNI.
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Taco, H. (2008). *Guía de prácticas de preparación mecánica de minerales*. Arequipa:UNSA.
- Trujillo, W. (1991). *Estudio termodinámico del proceso de cloruración para la recuperación de Pg - Ag de minerales oxidados - Tesis*. Lima: UNMSM.
- Vianna, S. (2004). *The effect of particle size, collector coverage and liberation on the floatability of galena particles in an ore - Tesis Doctoral*. Queensland: Department of Mining, Minerales and Materiales Engineering.
- Württolo, R. &. (1982). *Método de producción y análisis químico físico del plomo y sus óxidos - Tesis*. Lima: UNMSM

ANEXOS

Problem a	Objetivo s	Hipótesi s	Variables	Dimensiones	Indicadore s
<p>General</p> <p>¿Cómo influye los colectores RC 415 y MX 945 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?</p>	<p>General</p> <p>Determinar la influencia de los colectores RC 415 y MX 945 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p>	<p>General</p> <p>La dosificación de los colectores RC 415 y MX 945 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p>	<p>Independiente</p> <p>Colectores RC415 y MX 945</p>	Caracterización del mineral	Reconocimiento mineralógico
				Dosificación del colector RC 415	g/TM
				Dosificación del colector MX 945	g/TM
<p>Específicos</p> <p>¿Cuál es la caracterización de los minerales que intervienen en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento del colector RC 415 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento del colector MX 945 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021?</p>	<p>Específicos</p> <p>Diagnosticar la caracterización de los minerales que intervienen en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p> <p>Evaluar el comportamiento del colector RC 415 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p> <p>Evaluar el comportamiento del colector MX 945 en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p>	<p>Específicos</p> <p>La caracterización de los minerales influye significativamente en la flotación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p> <p>La dosificación del colector RC 415 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p> <p>La dosificación del colector Mx 945 influye en la recuperación de cobre – Minera Chinalco Perú S.A. – Morococha – 2021.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Recuperación de cobre</p>	Recuperación de cobre	6%

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Orden de análisis químico

Orden de análisis	% Cu	% Mo	Ag (Oz/TM)	% Fe	% As	% Zn	% Insol
1							
2							
3							
4							

Datos obtenidos de los ensayos químicos

Productos	Tiempo (minutos)	Peso (gr)	% peso	Ensayos%								Recuperacion						Recuperacion Acumulada									
				Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	Ins	F(ppm)	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F	Cu	Mo	Ag(g/t)	Fe	As	Zn	%Ins	F
Cabeza Analizada	0																										
ConcentradoN1	1																										
ConcentradoN2	3																										
ConcentradoN3	6																										
ConcentradoN4	12																										
Relave																											
Cabeza Calculada																											

Masa 12,01 %

Factor Metalurgico																											
Concentrado Promedico																											

4,14	Concentrado promedico																										
------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

