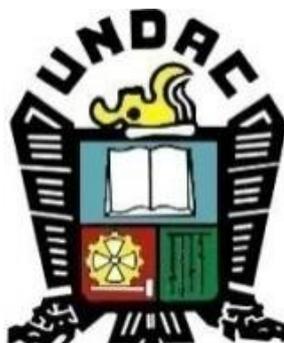


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**METALÚRGICA**



**T E S I S**

**Evaluación de sulfuros complejos por flotación utilizando  
tiocarbamatos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado -  
Cañete – 2022**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Metalurgista**

**Autor:**

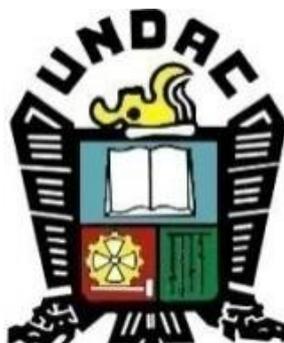
**Bach. Jose Luis GOMEZ SEGURA**

**Asesor:**

**Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA**

**Cerro de Pasco – Perú- 2023**

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



**T E S I S**

**Evaluación de sulfuros complejos por flotación utilizando  
tiocarbamatos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado -  
Cañete – 2022**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

-----  
**Mg. José Elí CASTILLO MONTALVÁN**  
**PRESIDENTE**

-----  
**Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO**  
**MIEMBRO**

-----  
**Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 067-2023-UNDAC/UIFI**

---

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

Tesis:

**Evaluación de sulfuros complejos por flotación  
utilizando tiocarbamatos para la recuperación de  
oro en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022**

Apellidos y nombres de los tesisistas

**Bach. GOMEZ SEGURA, Jose Luis**

Asesor

**Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Metalúrgica**

Índice de Similitud

**30 %**

**APROBADO**

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 17 de julio del 2023

  
UNDA UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Requies Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su paciencia, amor y forjarme con disciplina para conducirme por el sendero del bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud a mi alma mater, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; a la plana docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica por sus enseñanzas en mi formación profesional. En especial al Mg Edgar Yoni AIRE MENDOZA, asesor de la presente investigación, por su apoyo y aporte profesional en la presente investigación.

Al personal trabajador y colaboradores de la empresa minera El Dorado, como también a los docentes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por brindarme sus laboratorios.

## RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo mejorar la recuperación de oro por flotación a partir de sulfuros complejos utilizando como colector tiocarbamatos, el tipo de investigación es experimental, el método de investigación científico, desarrollando consecuentemente el nivel descriptivo, explicativo y experimental; la población comprende el acopio sistemático de mineral por 15 días, bajo el sistema de muestreo aleatorio, los instrumentos empleados para el acopio de los resultados de los experimentos fueron tablas prediseñadas para cada etapa, los resultados obtenidos son el reconocimiento microscópico a los minerales en estudio, que demuestra la presencia de piritas, calcopirita, oro libre y gangas, con 2,7 oz/TM de oro en promedio; las pruebas de flotación a nivel experimental demuestran una recuperación promedio del 80%, se demuestra la alta selectividad del colector seleccionado.

**Palabras clave:** Dosificación, colector, recuperación, flotación

## **ABSTRACT**

The objective of the project was to improve the recovery of gold by flotation from complex sulfides using thiocarbamates as a collector, the type of research is experimental, the scientific research method, consequently developing the descriptive, explanatory and experimental level; the population includes the systematic collection of minerals for 15 days, under the random sampling system, the instruments used to collect the results of the experiments were predesigned tables for each stage, the results obtained are the microscopic recognition of the minerals under study, which shows the presence of pyrites, chalcopyrite, free gold and gangues, with an average of 2,7 oz/TM of gold; flotation tests at the experimental level show an average recovery of 80%, demonstrating the high selectivity of the selected collector

**Keywords:** Dosage, collector, recovery, flotation

## INTRODUCCIÓN

La empresa minera El Dorado SMRL tiene en concesión un prospecto con interesantes valores de oro, que se encuentran en un medio altamente sulfuroso, donde predomina las piritas; la mineralización es compleja, el proceso de flotación se realiza en un medio básico para el control de los valores metálicos que se adhieren a las burbujas de aire, razón por la cual se está desarrollando una serie de experimentos preliminares, evaluando diversos factores para reducir los inconvenientes que se presentaran en las operaciones de producción a escala industrial, motivo del presente estudio.

La investigación se desarrolló del siguiente modo:

**CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**, donde se ha considerado la descripción del problema, formulación del problema, los objetivos, hipótesis, variables, diseño de investigación, justificación e importancia de la investigación.

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

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

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**, se presenta en tablas y gráficos los resultados de las pruebas metalúrgicas, para luego contrastar con las investigaciones realizadas por diversos investigadores; de mismo modo se contrasta la hipótesis.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**, se han desarrollado principalmente las conclusiones del estudio de investigación y dar sugerencias para continuar investigaciones diversas.

**EL AUTOR**

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
INDICE DE TABLAS	
INDICE 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. Espacial:.....	2
	1.2.2. Temporal:.....	2
	1.2.3. Poblacional .....	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 .....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	6
	2.1.1. A nivel internacional.....	6
	2.1.2. A nivel nacional.....	7
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	9
	2.2.1. Elección del proceso de tratamiento .....	9
	2.2.2. Tratamiento de los sulfuros complejos de oro.....	10
	2.2.3. Factores que intervienen en la concentración de oro.....	11
	2.2.4. Flotación de minerales .....	12
	2.2.5. Termodinámica de flotación .....	14
	2.2.6. Teoría electroquímica .....	16
	2.2.7. Teoría de la absorción física.....	18

2.2.8. Variables del proceso de flotación.....	19
2.2.9. Tiocarbamato .....	19
2.3. Definición de términos básicos.....	20
2.4. Formulación de hipótesis.....	20
2.4.1. Hipótesis general .....	20
2.4.2. Hipótesis específicas.....	21
2.5. Identificación de variables.....	21
2.5.1. Variable independiente .....	21
2.5.2. Variable dependiente .....	21
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	21

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Nivel de investigación .....	23
3.3. Métodos de investigación .....	24
3.4. Diseño de investigación.....	24
3.5. Población y muestra.....	24
3.5.1. Población .....	24
3.5.2. Muestra .....	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	25
3.6.2. Instrumentos .....	25
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	26
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	26
3.9. Tratamiento estadístico .....	28
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	28

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	29
4.3. Prueba de hipótesis. ....	35
4.4. Discusión de resultados .....	37

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Principales minerales de oro.....	11
Tabla 2.	Definición operacional. Variable independiente .....	21
Tabla 3.	Definición operacional. Variable dependiente .....	22
Tabla 4.	Condiciones de las pruebas de flotación.....	27
Tabla 5.	Peso específico medio del mineral .....	30
Tabla 6.	Análisis de mallas del compuesto .....	30
Tabla 7.	Análisis químico promedio.....	31
Tabla 8.	Balance metalúrgico para una concentración de 5 g/t de Danafloat 262.....	33
Tabla 9.	Balance metalúrgico para una concentración de 10 g/t de Danafloat 262...33	
Tabla 10.	Balance metalúrgico para una concentración de 20 g/t de Danafloat 262...33	
Tabla 11.	Balance metalúrgico para una concentración de 30 g/t de Danafloat 262...33	
Tabla 12.	Comparación de las pruebas de flotación .....	34
Tabla 13.	Cinética de las pruebas de flotación .....	34
Tabla 14.	Prueba de la segunda hipótesis específica .....	36

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Interface aire – agua – sólido y el ángulo de contacto.....	13
Figura 2.	Parámetros del sistema de flotación .....	13
Figura 3.	Adhesión partícula - burbuja .....	16
Figura 4.	Diagrama del potencial de corriente .....	18
Figura 5.	Identificación microscópica de la muestra de cabeza a mallas 200 .....	31
Figura 6.	Identificación microscópica de la muestra de cabeza a mallas -200 .....	32
Figura 7.	Identificación microscópica del relave a malla -200 .....	32
Figura 8.	Comparación de las pruebas de flotación .....	34
Figura 9.	Cinética de las pruebas de flotación .....	35

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada El Dorado, ubicado en el distrito de Asia, provincia de Cañete, es una empresa que extrae oro de sus labores mineras y lo recupera por gravimetría con resultados desalentadores. Desde sus inicios en el año 2001, el procesamiento del mineral extraído, presentó muchos problemas metalúrgicos, debido a su mineralogía que está compuesto de un mineral con alta sulfurización, con interesantes valores de oro; esta característica impide que la flotación se realice bajo las condiciones que generalmente se realiza.

Por las características que presentan los minerales sulfurados donde se encuentra el oro, un método alternativo es el proceso de flotación, lo cual depende de dos factores básicamente; la molienda y la adecuada selección y dosificación del colector a utilizarse para la buena recuperación de oro. De acuerdo a los antecedentes bibliográficos revisados de aplicación de colectores convencionales como los xantatos, no se lograría buenas recuperaciones, por lo que de acuerdo a

las especificaciones técnicas el tiocarbamato resulta una seria alternativa para su aplicación en este tipo de minerales.

Estos antecedentes sugieren a los titulares de la concesión a solicitar el desarrollo de pruebas metalúrgicas para evaluar la captación de minerales de oro en las burbujas a través del intercambio iónico de diversos colectores y con tiempo de residencia adecuado.

De continuar con los reactivos tradicionales, se corre el riesgo de obtener bajas recuperaciones de oro; por ello en base a experiencias desarrolladas en la planta concentradora de minera Corona, mineral de Huampar, se pretende desarrollar pruebas de flotación utilizando tiocarbamatos como colector, por lo que se formula interrogantes relacionadas con lo mencionado.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Espacial:**

El desarrollo del presente trabajo se desarrolló con el material, insumos de la empresa antes mencionada en los laboratorios de metalurgia extractiva de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### **1.2.2. Temporal:**

El trabajo de investigación comprendió diez meses (Marzo – diciembre 2022).

### **1.2.3. Poblacional**

Para el desarrollo de las pruebas experimentales, la población comprende el mineral extraído procedente de la labor principal de la concesión minera.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo influye el tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos de oro en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es la caracterización de los sulfuros complejos de oro que intervienen en la flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022?
- b. ¿Cuál es el comportamiento del tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Mejorar la recuperación de oro por flotación a partir de sulfuros complejos utilizando tiocarbamatos en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Caracterizar los sulfuros complejos de oro que intervienen en la flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022.
- b. Evaluar el comportamiento del tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado – Cañete – 2022

### **1.5. Justificación de la investigación**

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

**a. Justificación Tecnológica**

Con la dosificación de reactivos colectores a los minerales existentes en el yacimiento, se logrará obtener concentrados de oro, que actualmente se tiene problemas por la complejidad mineralógica y bajas recuperaciones.

**b. Justificación Ambiental**

Los minerales desechados 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.

**c. Justificación Económico**

El procesamiento de los minerales de oro con leyes variables, sugiere desarrollar un sistema de explotación selectivo, para luego utilizando el proceso de flotación; obtener las máximas recuperaciones, dando valor comercial a los concentrados y generando utilidades a la empresa.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

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

**Temporales.** – En los trabajos que se realiza en las instalaciones mineras, todo está programado a extracción mina y solo existe tiempos cortos para desarrollar investigaciones metalúrgicas que permitan sugerir algunas mejoras el

método adecuado a seguir para obtener concentrados con altos valores de oro, lo cual es una limitante.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

##### 2.1.1. A nivel internacional

Díaz, Carla (2011) en su tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Ciencia de Materiales denominado “*Estudio de los procesos relevantes asociados a la bioflotación selectiva de minerales sulfurosos complejos con leptospirillum ferrooxidans*”, Centro de Investigación en Materiales Avanzados – Chihuahua, tiene como objetivo: Identificar y evidenciar los procesos relevantes de la interacción de *Leptospirillum ferrooxidans* con minerales sulfurosos, particularmente calcopirita y pirrotita en presencia de colectores no convencionales.

Concluye: La interacción de la bacteria con el mineral fue evidenciada mediante la obtención del potencial zeta de los minerales puros en presencia y ausencia de bacteria. El valor de potencial zeta para Calcopirita biomodificada es el resultado de la contribución de grupos superficiales de la bacteria adsorbida y de la formación de azufre elemental. Cuando comienza su disolución se empiezan

a formar hidróxidos metálicos que se incrementan con el tiempo de interacción. La precipitación de estos hidróxidos metálicos y la hidrofiliidad de la bacteria adsorbida contribuyen a disminuir la hidrofobicidad de la calcopirita.

Santos, Rocío (2020) en su tesis “*Evaluación de cuatro métodos para recuperación de oro a partir de un mineral refractario*”, para optar el Grado Académico de Magister en Ciencia y Tecnología Ambiental – Centro de Investigación en Materiales Avanzados – México, tiene como objetivo general: Evaluar la eficiencia de cuatro métodos para recuperar oro y plata a partir de un mineral refractario considerando su impacto ambiental, y la factibilidad científica y tecnológica para llevarla a cabo.

Concluye: En cuanto a recuperación de oro se refiere los pretratamientos que resultaron ser más eficaces fueron la biooxidación al 5% y la molienda de alta energía, los dos son procesos alternativos al tradicional método de la tostación, ya que ninguno emite contaminación de gases al ambiente, pues la biooxidación mantiene el arsénico en solución y la molienda ultrafina solo reduce su tamaño de partícula, pero no sufre ninguna reacción química durante la molienda.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Ortiz, Nilton (2021) en su tesis “*Biolixiviación como pretratamiento a minerales auríferos refractarios*”, para optar el Título de Ingeniero Metalúrgico - Universidad Nacional Mayor de San Marcos; tiene como objetivo central: Estudiar la biolixiviación como pretratamiento al proceso de cianuración del mineral aurífero refractario de la provincia de Aija del departamento de Áncash, para mejorar la recuperación de oro.

Conclusiones: En el pretratamiento, las variables con coeficientes más significativas fueron: El % de sólidos x Mallas, granulometría (mallas) y %

Sólidos en la pulpa, en ese orden (de mayor a menor importancia), siendo las muestras pretratadas con aireación (30 l/h) las que obtuvieron mejores resultados a diferencia de las demás. En un tiempo de 12 días, dividido en 3 etapas de 4 días, la mejor respuesta en la recuperación promedio de Hierro fue de 44,29%, lográndose ello con 5% de sólidos en la pulpa a 50,27% - 325 mallas. En la granulometría más fina (50,27% -325 mallas), el porcentaje de recuperación de fierro y el oxígeno en solución mantuvieron una relación inversamente proporcional, solo en la primera etapa; pero, directamente proporcional con el Potencial de Óxido Reducción y el número de células en todas sus etapas. En el postratamiento de cianuración, las variables Fuerza del cianuro y Mallas tienen efectos estadísticamente significativos, excepto en la interacción Fuerza del cianuro x Mallas; poseen mayor influencia en la recuperación de oro cuando ambas trabajan independientemente y siendo la fundamental la granulometría.

López, Pedro (2020) en su tesis “*Estudio y análisis de pruebas de flotación en minerales auríferos*”, para optar el Título de Ingeniero Metalurgista – Universidad Nacional San Agustín – Arequipa; tiene como objetivo: Evaluar la recuperación de los minerales auríferos para ser recuperados mediante flotación aprovechando las propiedades de hidrofobicidad con la realización de pruebas experimentales.

Conclusiones: El reactivo usado permite obtener hidrofobicidad selectiva de oro en menas auríferas acompañadas de sulfuros, tales como: piritas, calcopiritas, galena y esfalerita, dado que en ningún momento el oro nativo presenta hidrofobicidad natural. El tamaño de grano de las partículas de oro obtenidas en la flotación usando celda flash es relativamente grueso, mayor a malla 100 (Tyler, aproximadamente 150 micrones). Se logró obtener un

concentrado de sulfuros de hierro el cual facilitó la etapa de caracterización de zonaciones y textura. Por otro lado, el comportamiento de la distribución de Au en las etapas del esquema de flotación, demostró un comportamiento similar a las distribuciones obtenidas de los diferentes elementos ensayados, los cuales componen los diferentes sulfuros beneficiados, descartando la posibilidad de estar asociados a los silicatos remanentes en las colas de flotación.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Elección del proceso de tratamiento**

A partir de los años setenta y ochenta del siglo pasado se realizaron grandes esfuerzos al tratamiento de minerales que no era posible someter a cianuración sin alguna forma de tratamiento previo. El pretratamiento de las llamadas menas refractarias está generalmente orientado a la liberación del oro encapsulado en partículas de sulfuro (siendo la pirita con o sin mispiquel la matriz más corriente en el oro refractario), o bien físicamente por molienda o bien químicamente por oxidación de los minerales sulfurados.

La recuperación de oro por métodos gravimétricos es limitada; cuando el porcentaje de partículas son inferiores a 10 micras. Esta dimensión se ve limitada a menudo por la forma de las partículas del oro a recuperar: granos, lentejuelas, filamentos, etc.

Teniendo en cuenta esta limitación; la flotación y la cianuración quedan como los únicos métodos de tratamiento disponibles.

La flotación exige una liberación completa del compuesto o mineral a recuperar, por lo tanto, la molienda es un factor importante, salvo que el oro se encuentre extremadamente fino y el material de ganga (portadora) no sea tan denso (porosa).

En el caso de la cianuración, es posible extraer el 95% de oro a una granulometría de 80% menos 75 micras; solo es necesario que una parte de ésta, esté accesible a la solución de ataque.

En las operaciones de molienda, interviene otra propiedad del oro: la ductilidad. Los granos de oro a causa de esta ductilidad no se muelen y tienden a laminarse y concentrarse en el molino; se elimina este inconveniente, recuperando el oro grueso del under del clasificador mediante operaciones gravimétricas.

### **2.2.2. Tratamiento de los sulfuros complejos de oro.**

Para la elección del proceso metalúrgico de concentración de oro, se tiene que desarrollar el diagnóstico del mineral considerando los siguientes aspectos:

- Mineralogía.
- Efecto de la mineralización sobre el tratamiento y sobre las características del efluente.
- Posibilidades de concentración previa.
- Contenido de azufre en el mineral (o en el concentrado).
- Grado de oxidación del azufre.
- Reservas probadas y probables del yacimiento.
- Disponibilidad de agua, energía eléctrica, espacio para relaves, permiso social.

Para el tratamiento de menas refractarias hay muchos procesos tales como: tostación, oxidación a presión, bio-oxidación, cloración, oxidación por ácido nítrico, oxidación a presión mediante cloro y molienda ultrafina; sin embargo, a excepción de los tres primeros, los demás tienen un campo de aplicación muy limitado en el tratamiento de menas refractarias complejas o todavía no han llegado a aplicarse a escala industrial.

La elección definitiva del proceso tecnológico a seguir para la recuperación de oro depende de diversos factores entre ellos: costo de explotación, costo de tratamiento, precios de mercado y licencia ambiental.

### 2.2.3. Factores que intervienen en la concentración de oro

Los procesos tecnológicos de procesamiento y beneficio de los minerales de oro, se basan en las propiedades intrínsecas de las menas que los contienen. Las propiedades son:

- Densidad

La densidad del oro y de los minerales portadores, es muy elevado; alcanza valores que va de 13 a 19 en el oro natural, según la proporción en plata. Como consecuencia, se han desarrollado técnicas de concentración gravimétrica, desde la antigüedad hasta nuestros días. La tabla adjunta muestra los principales minerales portadores de oro.

**Tabla 1.** Principales minerales de oro

Mineral	Composición	Contenido de oro	Densidad
Oro natural	Au	> 75%	16 - 19
Electrum	(Au,Ag)	45 - 75	13 - 16
Calaverita	AuTe <sub>2</sub>	40	9,2
Krenerita	Au <sub>4</sub> AgTe <sub>10</sub>	31 - 44	8,6

Fuente: Elaboración propia

- Mojabilidad

La propiedad hidrofóbica de la superficie del oro natural, le confiere una excelente flotabilidad, dependiendo del tamaño de grano. La flotación es el método adecuado para minerales sulfurados que contienen oro.

- Solubilidad

El oro libre y algunos minerales portadores, son solubles en soluciones diluidas de cianuro. Esta propiedad ha permitido a que la lixiviación mediante la cianuración sea una técnica muy difundida para la recuperación del oro a partir de sus minerales.

El oro es también soluble en otros reactivos, por ejemplo, la Thiourea y los Tiosulfatos en medio ácido. En todos los casos se puede notar que ante la presencia de un solvente es necesario que la solución de ataque tenga un potencial de óxido-reducción, lo suficientemente elevado para poner el oro en solución. La presencia de un agente oxidante es pues indispensable. El oxígeno del aire juega un rol muy importante en el caso de la cianuración.

- **Amalgama**

Proceso desarrollado como una mezcla o aleación entre el oro y el mercurio, esto debido a que el oro es fácilmente "humedecido" por el mercurio, debido a que la tensión superficial entre ambos metales es débil. Mayormente esta técnica es empleada sobre oro libre.

La amalgamación es una técnica ahora prohibida en el país, pues por una parte no permite recuperar el oro libre y por otra parte exige un control muy estricto para la preservación del medio ambiente.

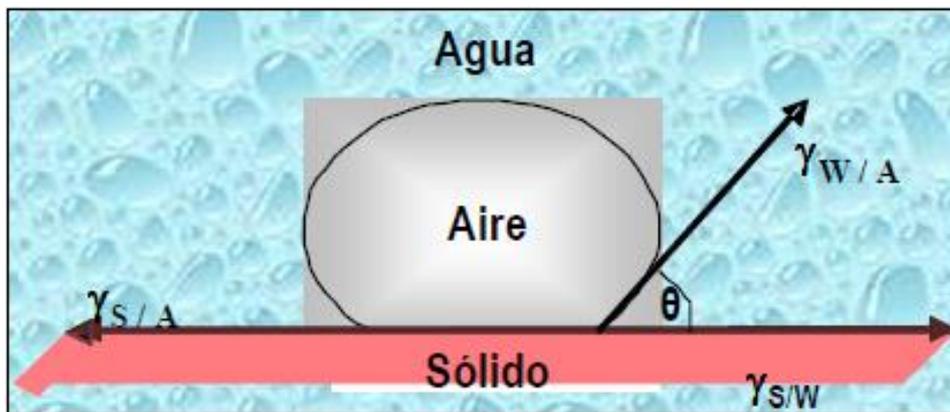
#### **2.2.4. Flotación de minerales**

De acuerdo a Bustamante (2008), “La flotación es un método fisicoquímico de concentración de minerales en suspensiones acuosas y que consiste en separar partículas sólidas “hidrofóbas” de partículas sólidas “hidrófilas”, asistida con inyección de burbujas de aire” (p. 49).

La flotación involucra las interfases líquido/gas, líquido/sólido y sólido/gas, además de un complejo sistema de reactivos, parámetros de mineral y parámetros del equipo a usar.

La mayoría de los minerales no poseen flotabilidad natural y se debe inducir la hidrofobicidad, con la ayuda de reactivos llamados colectores. Además de los colectores se emplean en flotación otros reactivos que se describe a continuación.

**Figura 1.** *Interface aire – agua – sólido y el ángulo de contacto*



Fuente: Wills (1999)

**Figura 2.** *Parámetros del sistema de flotación*



Fuente: Tomado de Fuesternau (1999).

### 2.2.5. Termodinámica de flotación

La termodinámica de la flotación permite obtener acerca de la hidrofobicidad de una partícula y por ende de su relación con los grupos iónicos del agua.

La energía libre superficial y la tensión superficial, se relacionan según la ecuación siguiente, siendo G la energía libre y A el área de la interface.

$$dG = \gamma dA \quad (1)$$

Despejando la tensión superficial  $\gamma$ , se obtiene:

$$\gamma = \left[ \frac{dG}{dA} \right]_{T,P,n} \quad (2)$$

La tensión superficial  $\gamma$ , es entonces una medida del trabajo requerido para aumentar la superficie en 1 cm<sup>2</sup>, a P, T y  $\eta$  constantes.

La actividad de una superficie mineral en relación a los reactivos de flotación en el agua depende de las fuerzas que actúan en la superficie. Para que sea factible la flotación de partículas sólidas o líquidas más densas que el líquido, es preciso que la adherencia de las partículas a las burbujas de gas sea mayor que la tendencia a establecer un contacto entre las partículas y el líquido.

Este contacto entre un sólido y un líquido se determina mediante la medida del ángulo formado por la superficie del sólido y la burbuja de gas, llamado ángulo de contacto  $\theta$ .

Se ha demostrado que la energía libre de la capa delgada que separa una partícula y una burbuja, referida a la película que produce desunión, puede cambiar a medida que la burbuja se aproxima a la superficie del mineral, por lo

tanto, el proceso de adhesión de una partícula sólida a una burbuja durante el proceso de flotación se realiza en tres etapas (figura 3):

- El acercamiento de la burbuja a la partícula debido a turbulencia o atracción entre ambas; predomina la hidrodinámica del proceso de flotación. En esta etapa la película de agua (película de desunión) es completamente estable, su energía libre se incrementa a medida que la burbuja se aproxima al mineral.
- El adelgazamiento de la película de agua entre la burbuja y la partícula hasta la ruptura; predomina la intervención de las fuerzas moleculares como las de Van Der Waals y eléctricas que se originan de la interacción de las dobles capas que hay en torno a las partículas y de hidratación de cualquier grupo hidrofílico existente sobre la superficie de la partícula. En esta etapa la película de agua es completamente inestable, la energía libre de la misma disminuye a medida que la burbuja se aproxima a la superficie del mineral.
- Ruptura de la película de agua entre la burbuja y el sólido para establecer finalmente el equilibrio de contacto se define el ángulo de contacto.

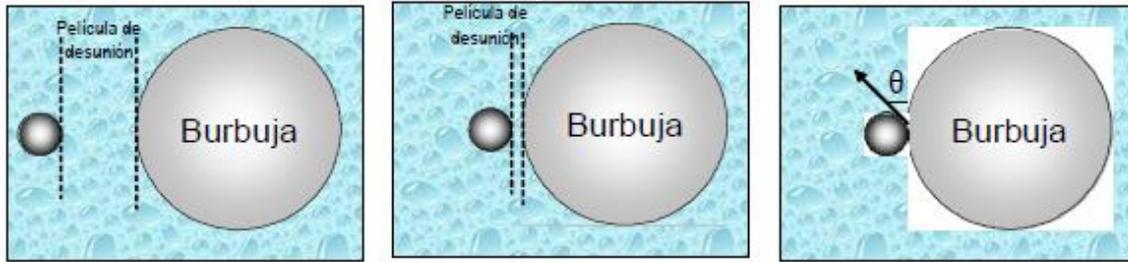
La fuerza necesaria para romper la interface partícula – burbuja es el llamado trabajo de adhesión  $W_{adh}$  y es igual al trabajo necesario para separar la interface sólido – aire y produce las interfaces separadas aire – agua y sólido – agua, es decir;

$$W_{adh} = \Delta G_{adh} = \gamma_{w/A} + \gamma_{s/W} + \gamma_{s/A} \quad (3)$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2), se tiene:

$$W_{s/A} = \gamma_{w/A}(1 - \cos \theta) \quad (4)$$

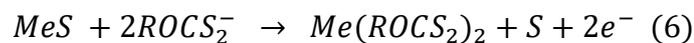
**Figura 3.** Adhesión partícula - burbuja



Fuente: Bustamante (2008).

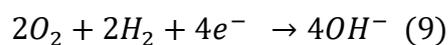
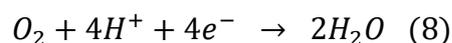
### 2.2.6. Teoría electroquímica

De acuerdo a Marsden (1980) “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  $H_2O$  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:

$$e_{th} = e_{th}^o + \frac{RT}{nF} \ln \left( \frac{Ox}{Red} \right) \quad (10)$$

Donde:

$e_{th}$  = Diferencia de potencial

$e_{th}^o$  = Diferencia de potencial a condiciones estándar

R = Constante universal de los gases (8,31 J/Kmol)

T = Temperatura absoluta

$n$  = Número de moles

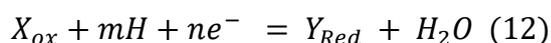
F = Constante de Faraday (96500 c)

Ox, Red = Reactivos y productos

En una reacción Redox de la siguiente forma:



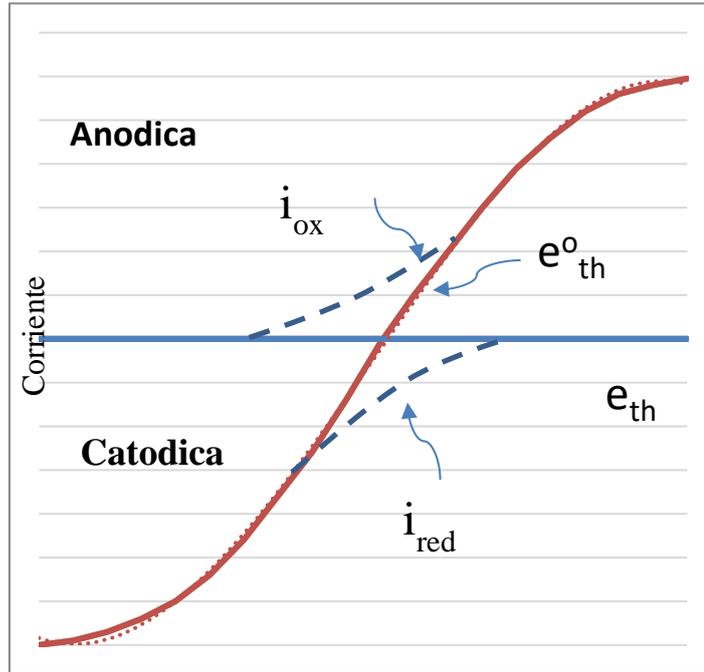
Al aplicar la ecuación de NERST tenemos:



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

$$Eh = Eh^{\circ} - \frac{0,059 \text{ m pH}}{n} + 0,059 \lg \left( \frac{(Ox)_x}{(Red)_y} \right) \quad (13)$$

**Figura 4.** *Diagrama del potencial de corriente*



Fuente: Sutulov (1998)

### 2.2.7. Teoría de la absorción 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.

### **2.2.8. Variables del proceso de flotación**

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

- Granulometría.
- 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.

### **2.2.9. Tiocarbamato**

Es un colector no soluble en agua, no tiene acción espumante y por no ser soluble en agua se agrega con frecuencia al circuito de molienda. Para aumentar su dispersión en la pulpa, se puede agregar como emulsión con un líquido vector como una espuma.

Por su alta selectividad sobre la pirita, la principal aplicación es sobre la flotación de sulfuros de cobre y cobre activado.

*Los tiocarbamatos son* colectores muy potentes que puede operar en el rango de pH de 4 a 12. Es un colector rápido y produce una recuperación moderada en muchas aplicaciones. Está sujeto a una sobredosis y debe utilizarse en cantidades inferiores que los xantatos. Muchos operadores prefieren

utilizarlo como colector principal y un xantato como colector depurador.  
Comercialmente se denomina *Danafloat 262*.

### **Propiedades físicas**

- Apariencia: De amarillo a café rojizo
- Forma: Líquido (solución acuosa)
- Punto de ebullición: Aprox. 217°C
- Punto de fusión/congelamiento:  
Peso específico: 0,98 g/ml
- Punto de ignición: Por arriba de los 65°C

## **2.3. Definición de términos básicos**

**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.

**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.

**Mineral:** Es aquella sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida.

**Tratamiento:** Es un conjunto de medios que se utilizan para aliviar u obtener resultados favorables o antagónicos.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La dosificación del tiocarbamato influirá en la recuperación de oro de sulfuros complejos en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La caracterización de los sulfuros complejos influirá significativamente en la flotación de oro en la SMRL - Cañete – 2022.
- b. La dosificación del tiocarbamato influirá en la recuperación de oro por flotación en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

Recuperación de oro

### 2.5.2. Variable dependiente

Evaluación de sulfuros complejos

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 2.** *Definición operacional. Variable independiente*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable independiente</b>	La presentación de los minerales en la naturaleza obedece a su génesis y desarrollar su diagnóstico permite entender si los elementos que lo componen pueden recuperarse en condiciones técnica y económicamente factibles.	La función específica de la evaluación de los sulfuros complejos es determinar la factibilidad de la separación de los elementos valiosos que lo componen, a través de ciertas técnicas empleando los fenómenos físico químicos demostrados.	Caracterización del mineral	Reconocimiento mineralógico
Evaluación de sulfuros complejos			Dosificación del colector tiocarbamato	Cm <sup>3</sup> /T

**Tabla 3.** *Definición operacional. Variable dependiente*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Recuperación de oro</p>	<p>Proceso físico químico que permiten recuperar el mineral de oro por adherencia de las partículas a las burbujas de aire.</p>	<p>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</p>	<p>Recuperación de oro</p>	<p>Oz/TM</p>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es **experimental** porque el investigador manipula las variables objeto del estudio; actúa conscientemente sobre las muestras, en tanto que los objetivos fundamentados son precisamente conocer los efectos de los actos desarrollados en la manipulación de las variables por el 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 la investigación experimental y aplicada, en este trabajo ya que se desarrolla los experimentos al nivel de laboratorio con un control mínimo a fin de encontrar las condiciones óptimas del estudio.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Explicativo y experimental

### 3.3. Métodos de investigación

Se aplicó el **método científico**, por su naturaleza es inductiva - deductiva, siendo este método la lógica más confiable de producir conocimiento, considerando el nivel descriptivo, explicativo y experimental.

- Descriptivo. - mediante este método se realizó la descripción de los fenómenos y comportamiento de las etapas que ocurren durante las pruebas experimentales.
- Explicativo. Durante las pruebas experimentales se realizó el respectivo comentario de la causa y efecto de cada etapa de las pruebas.

Experimental. Se manipuló las dimensiones de la variable independiente, para obtener respuestas al fenómeno producido (Bernal, 2016, pág. 145).

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación aplicado al estudio es el diseño factorial debido a que se realizó la manipulación de las dimensiones de la variable independiente que tienen efecto sobre la variable dependiente.

*Causa → Efecto*

$X \rightarrow Y$

El diseño de investigación es experimental cíclico, debido a que las pruebas siguen un proceso sistémico y no se desecha el relave hasta el final de la prueba (Bernal, 2016, pág. 146).

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

Se ha considerado como población de estudio, al mineral que se acopió sistemáticamente de las labores mineras en desarrollo, por un periodo de 15 días,

bajo el sistema de muestreo en forma aleatoria y representó un volumen aproximado de 50 kilogramos, que se depositó en la plataforma muy cercana al laboratorio experimental.

### **3.5.2. Muestra**

La muestra a ser estudiada, se obtuvo por trituración a 1” de diámetro medio y por sucesivas etapas de cono y cuarteado hasta obtener la muestra representativa, en una cantidad aproximada de 10 kilos.

## **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos a emplearse en este estudio fue el acopio de datos obtenidos antes, durante y después de la experimentación, la cual “se define como el proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de un objeto, un suceso, un acontecimiento o conducta humana con el propósito de procesarlo y convertirlo en información” (Carrasco, 2017, p. 282). Las técnicas desarrolladas fueron:

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

### **3.6.2. Instrumentos**

Los instrumentos de recolección de datos, utilizado en la presente investigación son las tablas preestablecidas y organizados los datos en Excel, para su posterior tratamiento.

### 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.
- 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.

### 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- **Recolección de muestra**

Para la recolección de la muestra representativa, se obtuvo bajo el sistema de cono y cuarteado.

- **Cálculo del peso específico del mineral**

Para determinar el peso específico promedio de la muestra representativa se empleó la siguiente ecuación:

$$G = \frac{M - P}{W + (M - P) - S} \quad (14)$$

Donde:

$M - P$  = Peso de muestra

$W$  = Picnómetro + agua contenida

$S$  = Muestra + picnómetro + agua no desplazada

$W + (M - P) - S$  = Peso del agua desplazada por la muestra.

- **Cálculo de la dureza del mineral**

Utilizando la escala de campo, se determinó experimentalmente la dureza del mineral.

- **Liberación del mineral**

Para determinar el grado de liberación del mineral se procedió a moler por 20 minutos la muestra representativa, obteniéndose una muestra representativa que debe luego fue tamizado.

- **Análisis cuantitativo**

Para llevar a cabo el análisis químico, se analizó vía seca el oro presente en la muestra, encargado al laboratorio *Quimbol*.

- **Reconocimiento mineralógico**

Para el reconocimiento mineralógico, se desarrolló dos etapas importantes

- a) Se preparó las briquetas, utilizando bálsamo de Canadá; luego consideramos importante después de realizado el desgaste a las briquetas, se realice el pulido superficial, para evitar la obtención de falsas presentaciones en los sistemas cristalinos conduciendo a error.
- b) El reconocimiento microscópico se encargó al ingeniero Pedro Gagliuffe, para obtener con la mayor certeza la caracterización mineralógica, debido a su experiencia.

- **Flotación de oro**

Condiciones de las pruebas de flotación

**Tabla 4.** *Condiciones de las pruebas de flotación*

Peso de la muestra	1000 gr
Granulometría	65% # -200
pH	8

Tiempo de acondicionamiento	5 minutos
Tiempo de flotación	7 minutos
Danafloat 262 (Tiocarbamato)	5, 10, 20, 30 gr/T
MIBC	40 g/T

### **3.9. 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 10 días, variando la adición del Danafloat 262 y previo a las pruebas se realizó una revisión bibliográfica a los estudios de mineralización de sulfuros complejos de oro; cabe recalcar que por sugerencia de los docentes investigadores de la UNMSM, las pruebas se desarrollaron diariamente para evaluar el comportamiento del mineral y recuperación sin el apoyo de algún diseño estadístico preestablecido.

### **3.8. Orientación ética filosófica y epistémica**

La aprobación o la desaprobación se basa en la aceptabilidad ética de la investigación, incluyendo su valor tecnológico y su validez científica, un índice aceptable de beneficios potenciales frente a los riesgos de daño, la minimización de los riesgos, los procedimientos adecuados de consentimiento informado (incluyendo la adecuación cultural y los mecanismos para garantizar la investigación), los procedimientos para la selección de las variables, y la consideración de la repercusión de la investigación sobre la rentabilidad y economía de la empresa de donde procede el mineral, tanto durante la investigación como después de que esta finalice. La revisión tiene en cuenta la revisión científica previa y las leyes aplicables.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

La empresa está iniciando sus operaciones, motivado por la presencia de oro presente en una matriz de sulfuros, se viene extrayendo diariamente a la vez permitió obtener las muestras constantemente, para llevarlo a los laboratorios de análisis petrográfico, químico, metalúrgico, dejando a posteriori desarrollar pruebas de simulación computacional de las investigaciones.

Los trabajos de experimentación se desarrollaron en los laboratorios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, contando con el apoyo de los docentes responsables de los laboratorios, encabezados por el Mg. Daniel Lovera Dávila, los ensayos químicos se realizaron en laboratorios particulares, debido a desarrollarse las pruebas metalúrgicas en periodo de vacaciones.

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

- **Cálculo del peso específico del mineral**

Utilizando el método del picnómetro, se determinó el peso específico del mineral, de diez muestras y se procedió a obtener el promedio representativo

**Tabla 5.** *Peso específico medio del mineral*

Muestra	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )
1	3,27
2	3,40
3	3,45
4	3,30
5	3,45
6	3,36
7	3,80
8	3,85
9	3,87
10	3,65
Sumatoria	35,40
Promedio	3,54

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Cálculo de la dureza del mineral**

Utilizando la escala de campo, el mineral logró rayarse con un clavo de acero que otorga una dureza de 4,2.

- **Liberación del mineral**

Para determinar el grado de liberación del mineral se procedió a moler por 20 minutos la muestra representativa, obteniéndose el siguiente resultado:

**Tabla 6.** *Análisis de mallas del compósito*

Malla Tyler	Abertura (mm)	Mineral retenido (g)	Acumulado retenido (g)	% Mineral retenido	% Mineral que pasa
4	4,76	0	0	0	100,00
6	3,36	1,65	1,65	1,65	98,35
10	1,68	2,1	3,75	2,10	96,25
20	0,841	5,3	9,05	5,30	90,96
28	0,595	5,8	14,85	5,80	85,16
35	0,420	14,3	29,15	14,29	70,87
48	0,297	10,2	39,35	10,19	60,68

65	0,210	11,2	50,55	11,19	49,49
100	0,149	19,2	69,75	19,18	30,31
200	0,074	18,26	88,01	18,25	12,06
-200		12,07	100,08	12,06	0,00
Total		100,08		100,00	

Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis cuantitativo**

Para llevar a cabo el análisis por elementos del mineral compuesto se procedió a evaluar cinco muestras representativas con el siguiente resultado:

**Tabla 7.** *Análisis químico promedio*

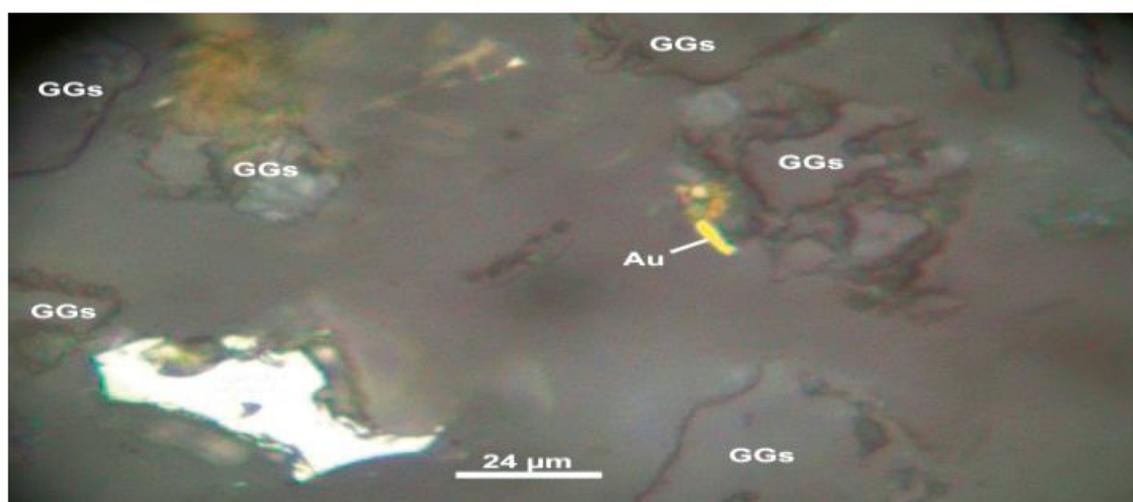
Elemento	Au (Oz/TM)	Fe	Zn	Pb	S
%	2,7	20,50	0,05	0,08	18,20

Fuente: Laboratorio *Quimbol*.

- **Reconocimiento microscópico**

Las secciones pulidas preparadas con el mineral de cabeza, fueron estudiadas en el laboratorio de microscopía óptica de la Escuela de Ingeniería Geológica (UNMSM), cuyos resultados se muestra en las siguientes figuras.

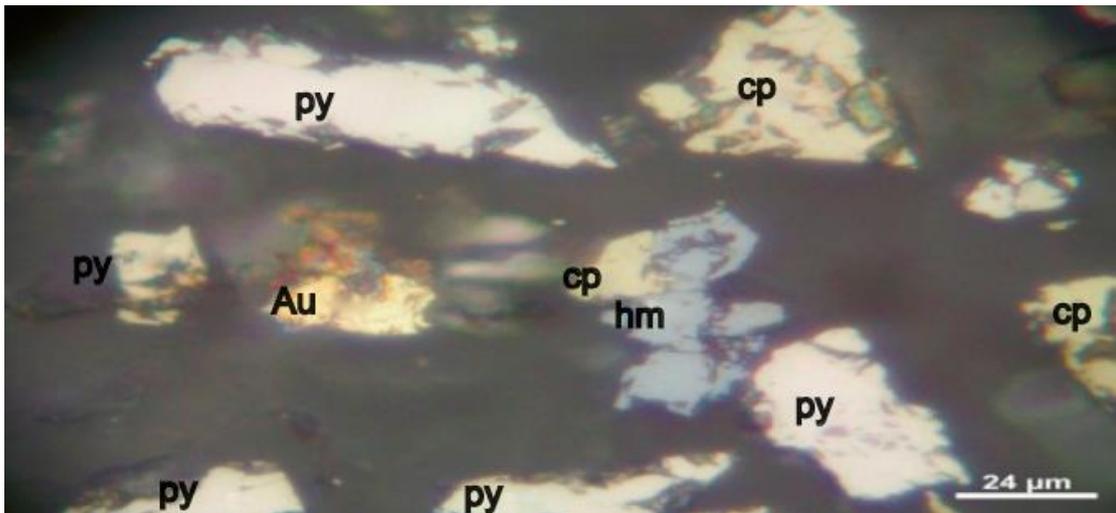
**Figura 5.** *Identificación microscópica de la muestra de cabeza a mallas 200*



Fuente: Gagliuffi (2022) - Laboratorio de Microscopia óptica - UNMSM.

**Comentario:** Oro libre (Au) de ocho micras de longitud, se observa pirita (py) y de gangas (GGs) muestra ampliada a 500X.

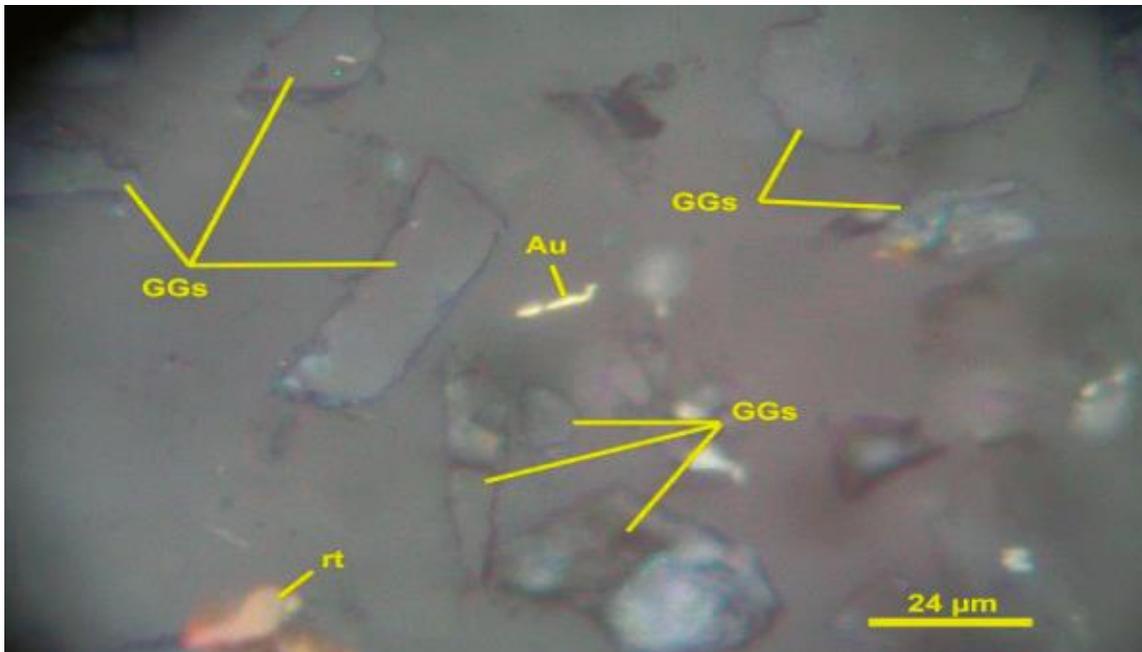
**Figura 6.** *Identificación microscópica de la muestra de cabeza a mallas -200*



Fuente: Gagliuffi (2022) - Laboratorio de Microscopia óptica - UNMSM.

**Comentario:** Oro libre (Au) (22 micras de longitud), presencia de calcopirita (cp) y de pirita (py) libre; partícula entrelazada de calcopirita (cp) con la hematita (hm), muestra ampliada a 500X.

**Figura 7.** *Identificación microscópica del relave a malla -200*



Fuente: Gagliuffi (2022) - Laboratorio de Microscopia óptica - UNMSM.

**Comentario:** Presencia de oro libre (Au) con 12 micras de longitud, de rutilo (rt) y de gangas (GGs), ampliado a 500X.

- **Pruebas de flotación**

**Tabla 8.** Balance metalúrgico para una concentración de 5 g/t de Danafloat  
262.

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ensayes Au (oz/TM)	Contenido metálico Au	% Recuperación Au	Ratio
Cabeza	1000,00	100,00	2,70	27,00	100,00	
Concentrado	4,59	0,46	4,70	0,22	79,98	2,18
Relave	995,41	99,54	1,00	9,95	20,02	

**Tabla 9.** Balance metalúrgico para una concentración de 10 g/t de Danafloat  
262.

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ensayes Au (oz/TM)	Contenido metálico Au	% Recuperación Au	Ratio
Cabeza	1000,00	100,00	2,70	27,00	100,00	
Concentrado	4,23	0,42	5,20	0,22	81,40	2,37
Relave	995,77	99,58	0,87	8,66	1860,00	

**Tabla 10.** Balance metalúrgico para una concentración de 20 g/t de Danafloat  
262.

Componentes	Peso (g)	% Peso	Ensayes Au (oz/TM)	Contenido metálico Au	% Recuperación Au	Ratio
Cabeza	1000,00	100,00	2,70	27,00	100,00	
Concentrado	4,20	0,42	5,25	0,22	81,76	2,38
Relave	995,80	99,58	0,85	8,46	18,24	

**Tabla 11.** Balance metalúrgico para una concentración de 30 g/t de Danafloat  
262.

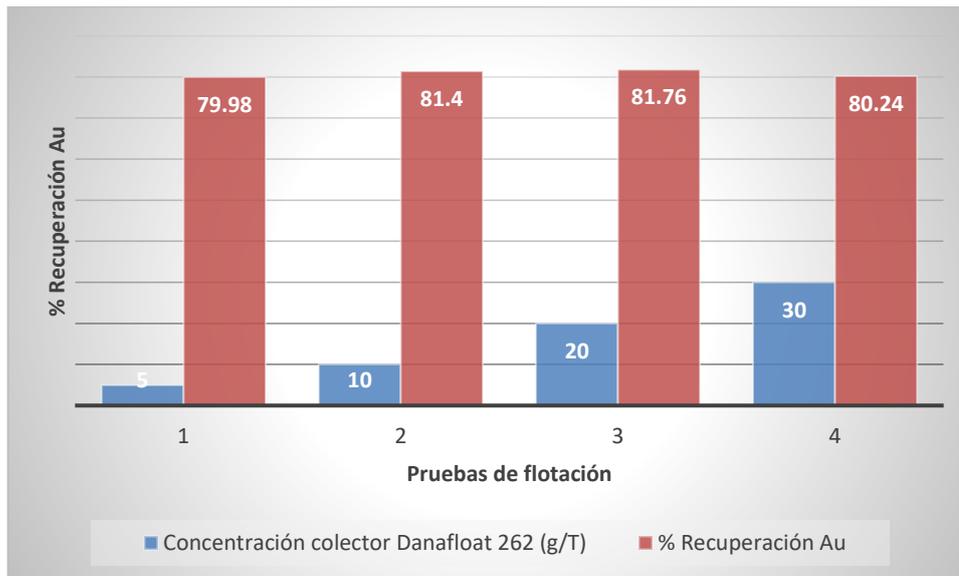
Componentes	Peso (g)	% Peso	Ensayes Au (oz/TM)	Contenido metálico Au	% Recuperación Au	Ratio
Cabeza	1000,00	100,00	2,70	27,00	100,00	
Concentrado	3,49	0,35	6,20	0,22	80,24	2,86
Relave	996,51	99,65	0,82	8,17	19,76	

- **Comparación de resultados**

**Tabla 12.** Comparación de las pruebas de flotación

Pruebas	colector Danafloat 262 concentración (g/T)	Concentrado Au /oz/TM)	% Recuperación Au
1	5	4,70	79,98
2	10	5,20	81,40
3	20	5,25	81,76
4	30	6,20	80,24

**Figura 8.** Comparación de las pruebas de flotación



Fuente: Elaboración propia

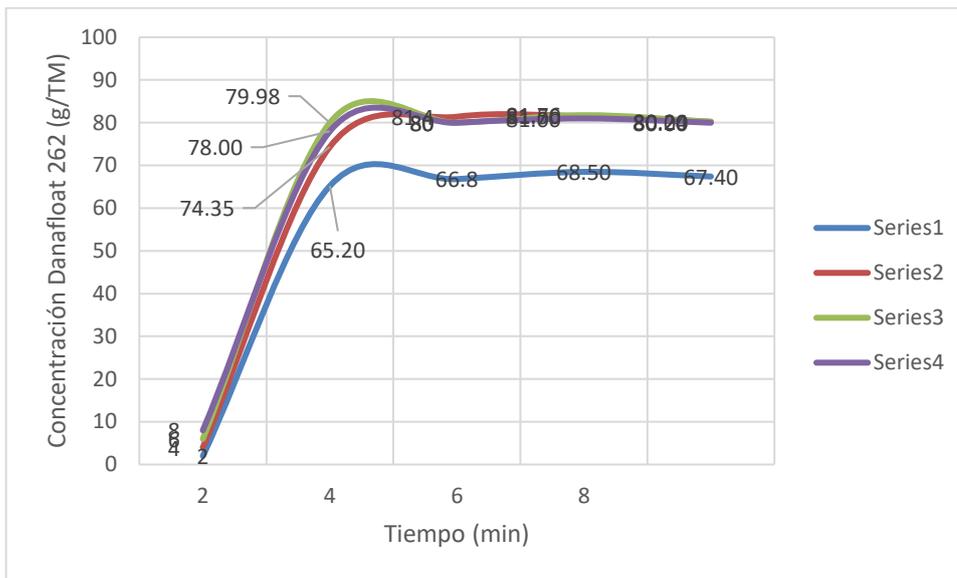
**Comentario:** En la figura, se puede observar que habiéndose seleccionado al colector Danafloat 262 por su alta selectividad en minerales sulfurados, la concentración del reactivo no es significativo en la recuperación de oro.

- **Cinética de la flotación**

**Tabla 13.** Cinética de las pruebas de flotación

Tiempo (minutos)	Concentración Danafloat 262 (g/TM)			
	5	10	20	30
2	65,20	66,8	68,50	67,40
4	74,35	81,4	81,50	80,20
6	79,98	80	81,76	80,24
8	78,00	80	81,00	80,00

**Figura 9.** *Cinética de las pruebas de flotación*



Fuente: Elaboración propia.

**Comentario:** Analizando la figura 10, se puede entender que la cinética de flotación del oro es similar en las pruebas, observándose más activo en los primeros 4 minutos la colección de espumas, para luego volverse pasivo en los minutos posteriores.

#### 4.3. Prueba de hipótesis

##### Primera hipótesis específica

- La caracterización de los sulfuros complejos influirá significativamente en la flotación de oro en la SMRL - Cañete - 2022
  - i. Formular la hipótesis de investigación
- $H_0$ : La caracterización de los sulfuros complejos no influye significativamente en la flotación de oro en la SMRL – Cañete – 2022  
**(Hipótesis nula).**
- $H_a$ : La caracterización de los sulfuros complejos influye significativamente en la flotación de oro en la SMRL – Cañete – 2022  
**(Hipótesis alterna).**

ii. Conclusión

Tratándose de una declaración literal de la influencia de los sulfuros complejos; para esta hipótesis específica, no se considera el tratamiento estadístico; pero por presentarse un problema metalúrgico se concluye que hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y afirmar que la presencia de oro libre en un medio sulfuroso si influye en la flotación de oro.

**Segunda hipótesis específica**

- La dosificación del tiocarbamato influye en la recuperación de oro por flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022

i. Formular la hipótesis de investigación

- $H_0$ : La dosificación del tiocarbamato no influye significativamente en la recuperación de oro por flotación en la SMRL El Dorado – Cañete – 2022

**(hipótesis nula).**

- $H_a$ : La dosificación del tiocarbamato influye significativamente en la recuperación de oro por flotación en la SMRL El Dorado – Cañete – 2022

**(hipótesis alterna)**

ii. Fijar el nivel de significación ( $\alpha$ ):  $\alpha = 0,05$

iii. Estadístico de prueba: Z de Wilcoxon y significancia p – valor  $<0,05$

iv. Decisión:

**Tabla 14.** *Prueba de la segunda hipótesis específica*

	Establecimiento de los parámetros óptimos de operación
Z	- 2,230
Sig. Asintótica (bilateral)	0,025

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 tiocarbamato si influye en la recuperación de oro, toda vez que el estadístico Z de Wilcoxon es -2,230.

### **Hipótesis general**

La hipótesis general señala que: La dosificación del tiocarbamato influirá en la recuperación de oro por flotación de sulfuros complejos en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022

Basado en los resultados de las hipótesis específicas es posible validar que la dosificación del colector tiocarbamato influye significativamente en la recuperación de oro por flotación de sulfuros complejos en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022.

## **4.4. Discusión de resultados**

Santos (2020), Concluye: La mejora en la recuperación de oro se debe a los pretratamientos realizados como son la biooxidación al 5% y la molienda de alta energía, los dos son procesos alternativos al tradicional método de la tostación, ya que ninguno emite contaminación de gases al ambiente, pues la biooxidación mantiene el arsénico en solución y la molienda ultrafina solo reduce su tamaño de partícula, pero no sufre ninguna reacción química durante la molienda. En la presente investigación, las recuperaciones a nivel experimental con la difícil mineralización del yacimiento, con el colector tiocarbamato se obtienen recuperaciones medias del 80% de oro a partir de los 5 minutos de flotación, previo acondicionamiento de similar tiempo. Cabe recalcar que la particularidad de este colector es altamente selectiva en medio sulfurosos, como son la pirita y calcopirita.

López (2020) Concluye: El reactivo usado permite obtener hidrofobicidad selectiva de oro en menas auríferas acompañadas de sulfuros, tales como: piritas, calcopiritas, galena y esfalerita, dado que en ningún momento el oro nativo presenta hidrofobicidad natural. El tamaño de grano de las partículas de oro obtenidas en la flotación usando celda flash es relativamente grueso, mayor a malla 100 (Tyler, aproximadamente 150 micrones). Se logró obtener un concentrado de sulfuros de hierro el cual facilitó la etapa de caracterización de zonaciones y textura. Por otro lado, el comportamiento de la distribución de Au en las etapas del esquema de flotación, demostró un comportamiento similar a las distribuciones obtenidas de los diferentes elementos ensayados, los cuales componen los diferentes sulfuros beneficiados, descartando la posibilidad de estar asociados a los silicatos remanentes en las colas de flotación.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas de flotación utilizando el tiocarbamato como colector demuestran que es altamente selectivo en la recuperación de oro a partir de minerales sulfurados, con mayor actividad en la colección de espumas en los 4 minutos iniciales y recuperación media del 80% en las pruebas a diversas concentraciones.

La caracterización de los minerales es el punto de partida para la determinación del proceso tecnológico a seguir para la recuperación del oro presente en los sulfuros complejos; las pruebas de microscopía óptica realizadas a las muestras obtenidas demuestran que está compuesto mayormente de piritas, calcopirita, hematita, silicatos y oro libre.

La variable de mayor influencia en la flotación de oro fue la elección del colector, que después de una minuciosa selección en base a sus especificaciones técnicas y antecedentes utilizados en otras plantas concentradoras, se optó por utilizar el tiocarbamato. En las pruebas de flotación desarrolladas se observó su acción instantánea en la etapa de acondicionamiento, la cinética de flotación se observa en los primeros 5 minutos para luego descender; se observa en la figura 10, el concentrado obtenido es muy selectivo, las recuperaciones de oro van del 65% a 80 % en los concentrados, a un pH 9, con molienda de 20 minutos, tiempo de acondicionamiento y flotación de 5 minutos respectivamente.

## **RECOMENDACIONES**

Para el desarrollo de estudios futuros de reconocimiento y recuperación de oro, debe focalizarse los depósitos piríticos con altos contenidos de oro, entendiéndose que poseen esa génesis y la flotación es el método adecuado para su recuperación, sumado a la selección adecuada selección de reactivos.

Evaluar la posibilidad de utilizar reactivos oxidantes antes de la flotación de los sulfuros complejos, entre ellos las piritas que actúan como un material cementante al oro.

Para el desarrollo de mayores pruebas de flotación y optimización, debe entenderse el comportamiento de las impurezas, analizarlas y controlar para obtener una buena recuperación de oro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 Técnico N° 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: Departamento de 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 de Atacama.
- 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.

Württöle, R. &. (1982). *Método de producción y análisis químico físico del plomo y sus óxidos - Tesis*. Lima: UNMSM.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Tabla 1**

*Datos obtenidos para calcular el peso específico*

Experimento	Peso del picnómetro (gramos)	Peso de muestra (gramos)	Pesos de picnómetro + peso muestra (gramos)	Peso de picnómetro + Peso muestra + Peso agua a ras (gramos)
1	223	63	286	346
2	223	54	277	342
3	223	62	285	353
4	223	46	269	338
5	223	57	280	343
6	223	61	284	341
7	223	62	285	347
8	223	63	286	350
9	223	63	286	345
10	223	60	283	345

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2**

*Pesos obtenidos por mallas del composito*

Malla Tyler	Abertura (mm)	Mineral retenido (g)	Acumulado retenido (g)	% Mineral retenido	% Mineral que pasa
4	4,76	0	0	0	100,00
6	3,36	1,65	1,65	1,65	98,35
10	1,68	2,1	3,75	2,10	96,25
20	0,841	5,3	9,05	5,30	90,96
28	0,595	5,8	14,85	5,80	85,16
35	0,420	14,3	29,15	14,29	70,87
48	0,297	10,2	39,35	10,19	60,68
65	0,210	11,2	50,55	11,19	49,49
100	0,149	19,2	69,75	19,18	30,31
200	0,074	18,26	88,01	18,25	12,06
-200		12,07	100,08	12,06	0,00
Total		100,08		100,00	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3***Reporte de ensayos de laboratorio químico*

Prueba metalúrgica	Componente	Au (oz/TM)
1	Mineral cabeza	2,70
	concentrado	4,70
	relave	1,00
2	Mineral cabeza	2,70
	concentrado	5,20
	relave	0,87
3	Mineral cabeza	2,70
	concentrado	5,25
	relave	0,85
4	Mineral cabeza	2,70
	concentrado	6,20
	relave	0,82

---

Fuente: Laboratorio químico

ANEXO 2: Matriz de consistencia

Evaluación de sulfuros complejos por flotación utilizando tiocarbamatos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado Cañete - 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
<b>General</b> ¿Cómo influye el tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos de oro en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022?	<b>General</b> Mejorar la recuperación del oro por flotación a partir de sulfuros complejos utilizando tiocarbamato en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022	<b>General</b> La dosificación del tiocarbamato influirá en la recuperación de oro de sulfuros complejos en la SMRL El Dorado - Cañete – 2022	<b>Independiente</b>  Evaluación de sulfuros complejos	Caracterización del mineral	Reconocimiento mineralógico
				Dosificación del colector RC 415	g/TM
<b>Específicos</b> ¿Cuál es la caracterización de los sulfuros complejos de oro que intervienen en la flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022?  ¿Cuál es el comportamiento del tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022?	<b>Específicos</b> Caracterizar los sulfuros complejos de oro que intervienen en la flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022.  Evaluar el comportamiento del tiocarbamato en la flotación de sulfuros complejos para la recuperación de oro en la SMRL El Dorado – Cañete – 2022	<b>Específicos</b> La caracterización de los sulfuros complejos influirá significativamente en la flotación de oro en la SMRL - Cañete – 2022  La dosificación del tiocarbamato influirá en la recuperación de oro por flotación en la SMRL El Dorado - Cañete - 2022	<b>Dependiente</b>  Recuperación de oro	Recuperación de oro	Oz/TM

## ANEXO 3

### Reporte de los análisis químicos



#### LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO - INFORME DE ANALISIS N° 0586-11-2022

RUC N° 20573116900

QUMBOL CHEMICAL S.A.O

Cel. 910 868 181

Laboratorio Químico.

R. Acreditación 17025

A SOLICITUD DE	:	José Gómez Segura		
POR CUENTA DE	:	José Gómez Segura		
RUC N°	:			
COMPROBANTE	:	FACTURACION ELECTRONICA		
FECHA DE RECEPCION	:	10/11/2022	CANTIDAD DE MUESTRAS	:
HORA DE ENTREGA	:	18:30 HRS	DESCRIPCION MUESTRAS	:
LUGAR DE RECEPCION	:	Huarlica - Cerro de Pasco	TIPO DE ANALISIS	:
FECHA DE REPORTE	:	11/11/2022		
TIPO DE MUESTRA	:	Mineral		
HORA DE REPORTE	:	21:36:56		
CONTRAMUESTRAS	:	No Solicito		

ID INTERNO	Código Cliente	Au (oz/tm)	% Fe	% Zn	% Pb	% S
LQC-MIN-2304	Cabeza A	2,7	20,50	0,05	0,08	18,20
LQC-MIN-2305	Prueba 1: Concentrado	4,70				
LQC-MIN-2306	Prueba 1: Relave	1,00				
LQC-MIN-2307	Prueba 2: Concentrado	5,20				
LQC-MIN-2308	Prueba 2: Relave	0,87				
LQC-MIN-2309	Prueba 3: Concentrado	5,25				
LQC-MIN-2310	Prueba 3: Relave	0,85				
LQC-MIN-2311	Prueba 4: Concentrado	6,20				
LQC-MIN-2312	Prueba 4: Relave	0,82				

<b>ESQUEMA</b>	
QC-MI-034-Au-N	Fe, Pb, Zn, Au y S Espectrofotometría de Absorción Atómica Au Fire Assay - Gravimetría leyes > a 6.00 g/tm

HDSM\_0049



SDS: 0003490

Fecha de preparación: 19-feb-2016

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### 1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA

**Nombre del producto:** AEROS 3894 Promoter  
**Descripción del Producto:** Compuestos bicarbonatos  
**Uso indicado/Recomendado:** Producto químico que mina

Cytec Industries Inc., Five Garret Mountain Plaza, Woodland Park, New Jersey 07424, USA. **Para información de productos y todo lo que no sea una emergencia llamar al 1-800/652-6013.** Fuera de USA y Canadá llamar al +1-973/387-3193 o a su punto local de contacto de Cytec. E-mail: [usa@info@cytec.com](mailto:usa@info@cytec.com)

**Información Local De Contacto:**

Cytec de México S.A. de C.V., Km 40 Carretera Guadalajara-La Barca, Atequiza, Jalisco, México C.P. 45600  
Teléfono: +52-376-737-4100

Cytec Comércio de Materiais Compostos e Produtos Químicos do Brasil LTDA, Avenida Doutor Cardoso de Melo, 1460, Suítes 61/62, C.J 61 E 62 - 04548-005 Via Olímpia, São Paulo - SP, Brazil, CNPJ: 17.858.326/0001-31; Teléfono: 55 11 5033-2828

Cytec Chile Limitada - Las Dalias 2716, Macul, Santiago, Chile  
Teléfono: 56-2-25607900 Telefax 56-2-2560 7902  
PLANTA, Iquique 5830, Barrio Industrial Antofagasta, Chile  
Teléfono: +56-55-2687611

Cyquim de Colombia S.A., Carrera 13 No. 29-21 Of. 221 Parque Central Bavaria, Colombia  
Teléfono: 571-3763560

**TELEFONO DE EMERGENCIA (24 Hrs) - En emergencias que solo involucren derrame, fuga, fuego, explosión o un accidente, llame al:**

**Asia Pacífico:**

Australia - +61-3-9963-2130 ó 1800-033-111 (IXOM)  
China (Rep. Pop.) - +86 0532 83689090 (NRCC)  
Nueva Guinea - +61-3-9963-2130 ó 1800-033-111  
Nueva Zelanda - +61-3-9963-2130 ó 0800-734-607 (IXOM)  
India, Japón, Corea, Malasia, Tailandia - +65 3158 1074 (Carechem24 Singapur)  
India (solo hablado Hindi) - +65 3158 1166 ó 000800 100 7479 (Carechem24 Singapur)

**Canadá:** +1-905-356-8310 (planta Cytec de Welland, Canadá)

**Europa/África/Oriente Medio (Carechem24 UK):**

Europa, Oriente Medio, África, Israel - +44 (0) 1235 239 670  
(países de habla árabe) - +44 (0) 1235 239 671

**América Latina:**

Brasil - 0800 7077 022 (SUATRANS)  
Chile - +56-2-2-247-3600 (CITUC QUIMICO)  
Todos los demás - +52-376-73 74122 (planta Cytec de Atequiza, México)

**EE UU:** +1-703-827-3887 ó 1-800-424-9300 (CHEMTREC #CCN6083)

El símbolo ® indica una marca registrada en los Estados Unidos y el ™ indica una marca comercial en los Estados Unidos. La marca también puede estar registrada, pendiente de una solicitud para su registro o ser una marca comercial en otros países.

## 2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

### INGREDIENTES PELIGROSOS

COMPONENTE / No. CA	%	Simbolos	Riesgo frases
Tiocarbamato modificado (R2)	90-100	Xi	R:43-52/53
-			
1,3-ditiil-2-thiourea 165-55-5	<0.5	Xn	R: 21/22-37-40-41-43
Isopropanol 67-63-0	0 - 3	F; Xi	R:11-36-07

## 3. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

### RIESGOS HUMANOS Y AMBIENTALES

Possibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

Noctivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

## 4. PRIMEROS AUXILIOS

### Inhalación:

Retirar la víctima al aire libre. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Consultar a un médico si los síntomas persisten.

### Contacto con la piel:

Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón. Eliminar la ropa y zapatos contaminados sin demora. Consulta al médico. No volver a usar la ropa contaminada sin limpiar. Destruir o limpiar los zapatos minuciosamente antes de volver a utilizarlos.

### Contacto con los ojos:

Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos.

### Inyección:

Llamar a un médico inmediatamente si se traga. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

### SÍNTOMA Y EFECTO MÁS IMPORTANTES, TANTO AGUDOS COMO RETARDADOS

No se conocen

### Notas para el médico:

No se han identificado medidas específicas.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### Medios de extinción adecuados:

Para extinguir incendios, usar rocío de agua, espuma para alcohol, dióxido de carbono o polvo químico. Es posible que el agua en chorro sea ineficaz.

### Medios de extinción a evitar:

Chorro de agua

### EQUIPAMIENTO PROTECTOR

Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios autónomos.

**PELIGROS ESPECIALES**

Refrigerar los recipientes que estuvieran expuestos al fuego, rociando agua sobre los mismos.

---

**6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL****Precauciones individuales:**

Donde el nivel de exposición es conocido, use el respirador apropiado al nivel de exposición (Donde el nivel de exposición es desconocido, use equipo de aire autónomo. Adicionalmente a la ropa/equipo protector definido en la Sección 8, (Protección Personal/Control de Exposición), use botas impermeables.

**Métodos de limpieza:**

Retirar las fuentes de ignición. Cubrir los derrames con material absorbente inerte; recoja y limpie área, deposite el material contaminado en un contenedor para desechos. Enjuagar con agua el área del derrame.

**PRECAUCIONES AMBIENTALES:**

No se sabe de ninguno

**Medidas preventivas para impedir la aparición de peligros secundarios:**

En el caso de desastres secundarios, eliminar todas las fuentes de ignición, impiden que los derrames entren en las alcantarillas.

---

**7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO****Manipulación**

**Precauciones:** Mantener lejos de calor/chispas/lamas al descubierto. - No fumar Usar guantes de protección y equipo para proteger los ojos /a cara La ropa de trabajo contaminada no puede sacarse del lugar de trabajo No depositar en el medio ambiente

**Declaración de Manipulación especial:**

ninguno

**Almacenamiento**

Evitar el contacto con el latón o el cobre; se pueden formar amidas explosivas. Las áreas que contengan este material deberán contar con prácticas contra incendio seguras y equipamiento eléctrico de acuerdo con las regulaciones aplicables. Los estándares esta basados principalmente en el Punto de Flasho de los materiales, sin embargo, podrán tomarse en cuenta otras propiedades tales como su miscibilidad en agua o toxicidad. Todas las regulaciones locales o nacionales deberán ser aplicadas. En los Estados Unidos de América el estándar 30 de la Asociación Nacional para la Protección contra el Fuego (NPPA por sus siglas en inglés), es conocido como Código de Líquidos Combustibles e Inflamables el cual es ampliamente usado. El NPPA 30 establece condiciones de almacenamiento para las siguientes clases de almacenamiento: Clase I Líquidos Inflamables, Punto de Flasho < 37.8 C Clase II Líquidos Combustibles, Punto de Flasho entre 37.9 C y 60 C Clase IIIa Líquidos Combustibles, Punto de Flasho entre 61 C y 93 C Clase IIIb Líquidos Combustibles, Punto de Flasho > 93 C

**Temperatura de almacenamiento:** Temperatura ambiente

**Razón:** Seguridad.

**Clase de almacenamiento (TRG § 610):** 10

---

**8. CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL**

**PARAMETROS DE CONTROL - Límites**