



# **Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica**

**Reducción del consumo de NASH en el circuito de molibdeno de la  
planta concentradora las bambas**

**Tesis**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

**Autor**

Bailon Callecia Marco Miguel

**Asesor**

M(o) Iman Mendoza Jaime

**Huacho - Perú**

**2023**



#### Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

FACULTAD DE Ingeniería Química y Metalúrgica

ESCUELA PROFESIONAL Ingeniería Metalúrgica

### INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Bailon Callecia Marco Miguel	15760888	02/08/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Iman Mendoza Jaime	40936175	0000-0001-6232-0884
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Salcedo Meza Maximo Tomas	15602588	0000-0003-1993-2513
Sanchez Guzman Alberto Irhaam	15758117	0000-0003-1575-8466
Galvez Torres Edwin Guillermo	15592688	0000-0002-7421-4453

# SUFICIENCIA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="https://repositorio.uchile.cl">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://proactivo.com.pe">proactivo.com.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.udec.cl">repositorio.udec.cl</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to St. Margaret's Anglican Girls School Trabajo del estudiante	<1%

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico al ser más sublime que medio la vida y ser  
mi guía y apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Al señor por ser el guía de mi camino y a mis padres y a mi familia por el apoyo incondicional.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE FIGURA.....	9
INDICE DE TABLA.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I.....	14
DESARROLLO.....	14
1.1. Datos de la organización.....	14
1.1.1. Antecedentes.....	14
1.1.2. Datos generales de la empresa minera las bambas.....	15
1.2. Funciones del puesto de trabajo.....	18
1.2.1. Puesto desempeño.....	18
1.2.2. Funciones.....	19
1.2.3. Actividades desarrolladas en el puesto de trabajo.....	21
1.3. Antecedentes.....	28
1.3.1. Antecedentes nacionales.....	28
1.3.2. Antecedentes internacionales.....	28
1.4. Bases teóricas.....	30
1.4.1. Flotación de minerales de cobre y molibdeno.....	30
1.4.2. Separación de cobre molibdeno.....	30
1.4.3. Variables que intervienen en la flotación de minerales de molibdeno.....	30

1.4.4. Pruebas de flotación a nivel laboratorio.....	32
1.5. Dificultades para desempeñar el puesto. ....	15
1.6. Contribuciones de la formación académica en el desempeño del puesto.....	15
1.7. Metas personales y formativas alcanzadas durante el desempeño del puesto.....	15
1.8. Otros (que considere relevante).....	16
CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Conclusiones.....	17
2.2. Recomendaciones.....	18
CAPITULO III REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
3.1. Referencias bibliográficas.....	19



## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Organigrama de la planta concentradora las bambas .....	16
Figura 2 Área de separación de molibdeno, agua y relave.....	17
Figura 3 Planta de molibdeno.....	18
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso de flotación y separación solido liquido de moly .....	21
Figura 5 Diagrama de flujo de la flotación rougher .....	22
Figura 6 Diagrama de flujo de la primera limpieza scavenger.....	22
Figura 7 Diagrama de flujo de la remolienda.....	23
Figura 8 Diagrama de flujo de la segunda limpieza.....	24
Figura 9 Diagrama de flujo de la tercera limpieza .....	24
Figura 10 Diagrama de flujo de la cuarta limpieza y gases.....	25
Figura 11 Diagrama de flujo de espesador de concentrado de Moly .....	26
Figura 12 Diagrama de flujo filtración de concentrado de Moly .....	26
Figura 13 Diagrama de flujo de sacado y ensacado de concentrado .....	27
Figura 14 Resultados de la prueba 1 .....	5
Figura 15 Resultados de la prueba 2 .....	6
Figura 16 Resultados de la prueba 3 .....	7
Figura 17 Resultados de la prueba 4 .....	8
Figura 18 Resultados de la prueba 5 .....	9
Figura 19 Resultados de la prueba 6 .....	10
Figura 20 Análisis del Consumo de NaSH entre febrero del 2020 y abril del 2022. (kg/t). .....	12
Figura 21 Análisis del Consumo de NaSH marzo 2022.....	14

## INDICE DE TABLA

Tabla 1 Organización de la planta de molibdeno .....	15
Tabla 2 Organización de la planta de molibdeno .....	16
Tabla 3 Organización de la planta de molibdeno .....	17
Tabla 4 Análisis químico de la muestra .....	33
Tabla 5 Equipos herramientas y materiales usado en el laboratorio .....	34
Tabla 6 Condiciones de operación .....	35
Tabla 7 Pruebas: Muestreo y acondicionamiento. ....	1
Tabla 8 Pruebas: Golpe de ácido y dilución de NaSH .....	2
Tabla 9 Resumen de Resultados de Flotación.....	3
Tabla 10 Resumen - Resultados de Flotación Cinética.....	4
Tabla 11 Base de datos de tonelajes, consumo de NaSH puro por mes y el consumo de Kg/t de NaSH. ....	11
Tabla 12 Tonelaje VS consumo de NaSH en el mes de marzo 2020 .....	13

## RESUMEN

Tiene por objetivo “Reducción del consumo de NaSH en el circuito de molibdeno de la planta concentradora las bombas” es una investigación aplicada experimental cuantitativa, realizado en el laboratorio y planta de la empresa. Los resultados que se obtuvieron fueron la reducción del consumo a 3.8 kg/t de NaSH, a un pH entre 8-9 se logra mayor recuperación y menor activación de contaminantes en el circuito rougher, en la primera limpieza el rango de pH debe de ser entre 8.5 – 9 donde se tiene una buena estabilidad del espuma y mayor evacuación de las espumas, a pH menor a 7 se eleva el consumo de sulfhidrato de sodio a 21.69 kg/t y a un pH mayor a 11 se activan los contaminante y abajando la calidad del concentrado, en las pruebas realizadas en diferentes concentraciones de 10%, 20%, 30% de sulfhidrato de sodio el mayor concentración se tiene menor consumo de NaHS y menor activación de contaminantes, en las pruebas a una concentración de 10% de NaSH se tiene mayor consumo de sulfhidrato de sodio y mayor activación de insolubles, los trabajos realizados a nivel planta con concentración de 30% se tubo buenos resultados reduciendo en 1 kg/t de NaSH, con ello desde el punto de vista económico se tiene una reducción de coste de \$871 000 a \$3 310 560. Concluyendo que el pH y la concentración de sulfhidrato de sodio afectan en la calidad del concentrado de molibdenita, recuperación y depresión de impurezas en el concentrado.

**Palabras Claves:** concentrado de molibdenita, recuperación de molibdeno, efecto NaSH en concentrado, efecto de pH en NaSH.

## ABSTRACT

The objective of the "Reduction of NaSH consumption in the molybdenum circuit of the Las Bambas concentrator plant" is a quantitative experimental applied research, carried out in the company's laboratory and plant. The results obtained were the reduction of NaSH consumption to 3.8 kg/t, at a pH between 8-9 higher recovery and lower activation of contaminants in the rougher circuit is achieved, in the first cleaning the pH range should be between 8.5 - 9 where there is a good foam stability and greater evacuation of the foams, at pH lower than 7 the consumption of sodium sulfhydrylate rises to 21.69 kg/t and at a pH higher than 11 the contaminants are activated and the quality of the concentrate decreases. In the tests carried out at different concentrations of 10%, 20%, 30% of sodium sulfhydrylate, the higher the concentration, the lower the NaHS consumption and the lower the activation of contaminants, In the tests carried out at a concentration of 10% NaSH, there was a higher consumption of sodium sulfhydrylate and greater activation of insolubles. The work carried out at the plant level with a concentration of 30% showed good results, reducing by 1 kg/t of NaSH, thus from the economic point of view there was a reduction in cost from \$871,000 to \$3,310,560. Concluding that the pH and the concentration of sodium sulfhydrylate affect the quality of the molybdenite concentrate, recovery and depression of impurities in the concentrate.

Key words: molybdenite concentrate, molybdenum recovery, NaSH effect on concentrate, pH effect on NaSH.

## INTRODUCCIÓN

El molibdeno es un metal altamente usado en la industria siderúrgica para darle ciertas características a los metales, por primera vez la aplicación industrial mediante la concentración por flotación de molibdenita fue en 1913, sin embargo después de 28 años en 1961 se comienza la producción de concentrado de molibdeno en Toquepala (Quiroz Núñez, 2019).

El proceso de concentrado de molibdeno primero se realiza una flotación bulk de cobre y molibdeno, luego se hace la separación flotando el molibdeno y deprimiendo el cobre, empleando los depresores para el cobre y otras impurezas.

En la flotación se emplean colectores comunes como xantatos, aeroflota para coleccionar los minerales de molibdenita, mientras como espumante se emplea D50, como modificador de pH el óxido de calcio y el nitrógeno como medio de producción de las espumas.

En los últimos años se emplearon como depresor el sulfhidrato de sodio que permite deprimir el cobre y limpiar la superficie de las partículas de molibdenita de la presencia de calcio que desacelera la selectividad de la flotación de molibdenita. Otra de las condiciones para la flotación de la molibdenita es el pH entre 7 a 8 para poder obtener buena calidad de concentrado y recuperación del molibdeno.

# **CAPITULO I**

## **DESARROLLO**

### **1.1. Datos de la organización.**

#### **1.1.1. Antecedentes.**

La empresa MMG las bambas se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas-Grau, departamento de Apurímac entre las cotas 3 700 a 4 600 m.s.n.m, las áreas comprendidas han sido denominadas en dos zonas: Alto Fuerabamba (Zona 111) y Azuljaja (Zona IV), y tiene una superficie de 9 633,77 ha.

En el año de 2008, se iniciaron los trabajos exploratorios del yacimiento cuprífero de Las Bambas mediante reconocimientos superficiales, muestreos geoquímicos de los cerros Ferrobamba, Sulfobamba y Chalcobamba; el resultado de este estudio resalto, que en los dos últimos se encontró valores altos de cobre.

En 2009, se emprendió una campaña de exploración con sondaje diamantino, desarrollando aproximadamente 329 mil metros perforados. El yacimiento cuprífero, es de propiedad del Xtrata Cooper.

Esta mina será explotada por el Método de tajo abierto en cuyas operaciones de construcción, se encuentra contratada la empresa Pevoex Contratistas S.A.C.

MMG Limited es una empresa minera de metales base, Cobre y Zinc, cuenta con operaciones mineras en Australia, Asia, África y Sud America. Siendo su sede principal en Malbourne Australia, fue fundada el 2009 y cotiza en la bolza de valores de Hong Kong. Siendo su accionista mayoritario China Minmetales Corporation.

Las Bambas es una Mina de Cobre ubicada en la provincia de Cotabambas y Grau, en el departamento de Apurimac, cuenta con tres tajos (Ferrobamba, Chalcobamba, y Sulfobamba). Actualmente se encuentra desarrollando el tajo Ferrobamba. Cuenta con una

reserva de 1.710 millones de toneladas con una ley promedio de 0.62% de Cobre, y con créditos de Au y Mo.

La Planta de Molibdeno fue entregada a operaciones en junio del 2016, hasta febrero del 2017 se realizó varias correcciones. A partir de junio del mismo año se declara la producción comercial actualmente se está pasando al 100% de su capacidad de diseño. Actualmente su producción de concentrado está en 30 TMH con un grado promedio > a 48%. Siendo sus principales compradores Chile, Korea, EEUU.

### **1.1.2. Datos generales de la empresa minera las bambas.**

#### ***1.1.2.1. Nombre comercial de la empresa minera las bambas.***

La razón social: Minera las Bambas S.A, con RUC RUC: 20538428524 con página web: <http://www.lasbambas.com>, actividad comercial extracción de minerales metálicos no ferrosos, con dirección legal Av. El Derby N° 055 torres 3 torre 9, distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, departamento de Lima Perú, fecha de inicio de actividades 10 de diciembre del 2010 (universidadperu, 2012).

#### ***1.1.2.2. Organigrama de la planta concentradora las bambas.***

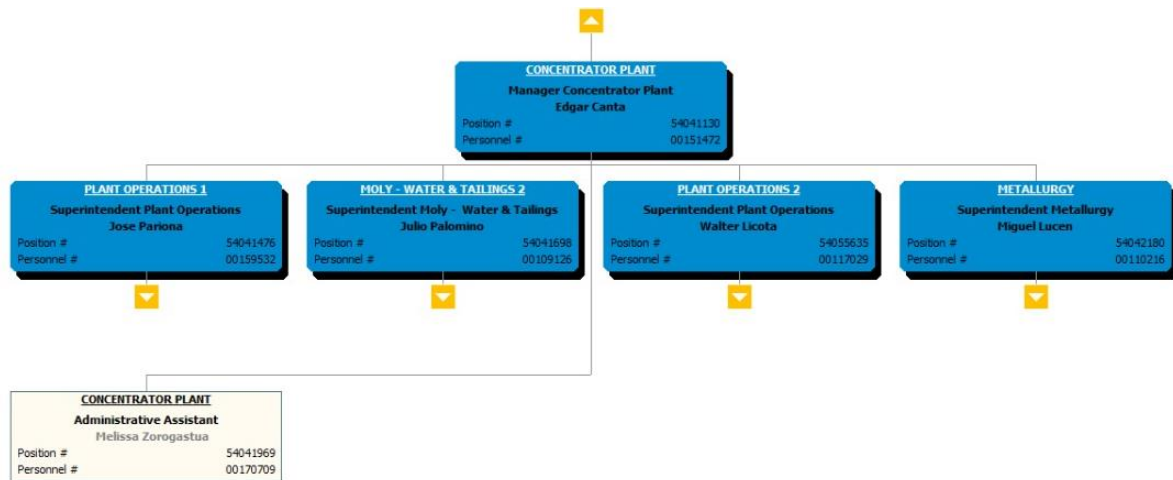
La planta concentradora las Bambas se encuentra organizada por planta de operaciones 1, área de separación de molibdeno de relave y agua, planta de operaciones 2, área de metalurgia.

*Tabla 1*

*Organización de la planta de molibdeno*

Planta	Descripción	Nombre y apellido
Concentradora	Gerente de planta concentradora	Edgar Canta
Operaciones 1	Superintendente de planta operaciones	José Pareana
Moly agua & relave	Superintendente de moly Agua y relave	Julio palomino
Operaciones 2	Superintendente de planta operaciones	Walter Licon
Metalurgia	Superintendente de metalurgia	Miguel Lucen
Concentradora	Asistente administrativo	Melissa Zorogastua

*Figura 1*  
*Organigrama de la planta concentradora las bambas*



Fuente: Planta de operaciones las bambas.

En la figura 1, el área de separación de molibdeno, agua y relave 2 está constituida por área de separación de molibdeno, agua y relave A, área de separación de molibdeno, agua y relave B, planta de molibdeno A, planta de molibdeno B, planta de molibdeno C, planta de molibdeno D, área de separación de molibdeno, agua y relave C, área de separación de molibdeno, agua y relave D.

*Tabla 2*  
*Organización de la planta de molibdeno*

Planta	Descripción	Nombre y apellido
	Superintendencia moly agua y relave	Julio Palomino
Moly Agua y relave	Senior supervisor agua y relave B	William Quipe
	Senior supervisor agua y relave A	Juan Ojeda
Moly A	Planta de moly A	Ismael Quispe
	Planta de moly B	Franz Begazo
	Planta de moly C	Franz Begazo
	Planta de moly D	Miky Marroquin
	Senior supervisor agua y relave C	Jorge Lau
	Senior supervisor agua y relave D	Francisco Mendoza



Figura 2  
 Área de separación de molibdeno, agua y relave



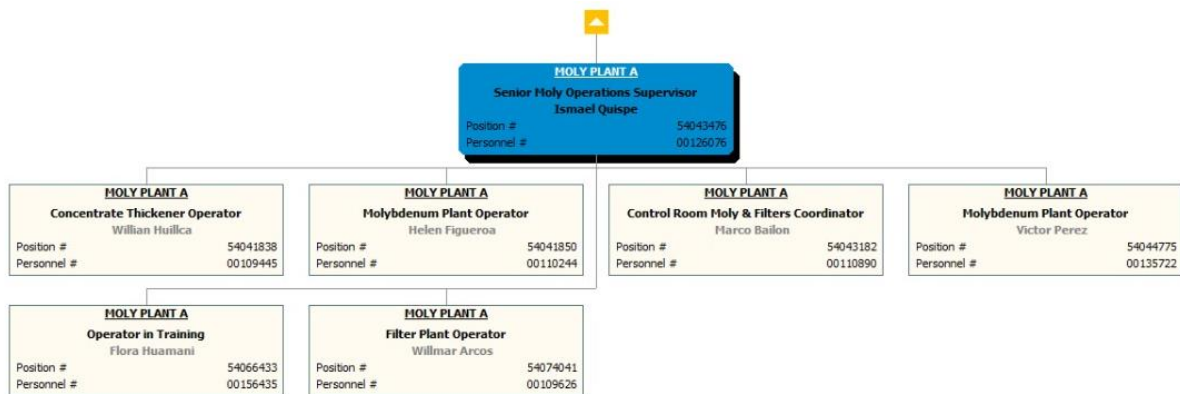
Fuente: Planta de operaciones las bombas.

En la figura 2, la planta de molibdeno esta conformado por; espesador de concentrado, planta molibdeno, planta de filtro, sala de control de filtro.

Tabla 3  
 Organización de la planta de molibdeno

Planta	Descripción	Nombre y apellido
Moly A	Senior supervisor operaciones de molibdeno	Ismael Quispe
Moly A	Operador de espesador de concentrado	Willian huilca
Moly A	Operador de planta de molibdeno	Helen Figueroa
Moly A	Coordinador de sala de control de molibdeno y filtro	Marco Bailon
Moly A	Operador de planta de molibdeno	Victor Pérez
Moly A	training en operación	Flora Huamani

*Figura 3*  
*Planta de molibdeno*



Fuente: Planta de operaciones las bambas.

En la figura 3, la planta de molibdeno A conformado por planta de concentración de molibdeno, planta de filtro separación solido líquido.

### **1.1.2.3. Tamaño de planta.**

La unidad mineral las Bambas su planta concentradora tiene un tamaño de planta instalada de 145 000 t/d toneladas por días produciendo concentrado de cobre y molibdeno, durante el periodo del 2017 superando la producción de 385 000 toneladas de concentrado de cobre. Durante el periodo 2022 asciende la producción de 44 514 toneladas de cobre y 53 488 toneladas de zinc durante los tres meses al 30 de junio del 2022(Las bambas, 2022).

### **1.1.2.4. Mercado de negocio.**

MMB limited comercializa concentrado de cobre, molibdeno y zinc siendo sus compradores, Chile, EEUU y korea cotizando en el mercado de valores de Hong Kong y mercado de valores de Australia.

## **1.2. Funciones del puesto de trabajo.**

### **1.2.1. Puesto desempeño.**

Durante estos ultimos 06 años vengo desempeñándome como Coordinador de Sala de Control Moly-Filtros. En la gerencia de: Planta Concentrdora y en la Superintendencia de Moly Filtros - Aguas y Relaves.

### **1.2.2. Funciones.**

Las funciones que se desarrollaron durante el periodo de los 6 últimos años de mis experiencias profesionales Teniendo como propósito. Asegurar la correcta operación y continuidad de los procesos comprendidos dentro de la Superintendencia de Moly Filtros monitoreando las variables operativas, operando los equipos relacionados a estas variables e informando de todo cambio relevante al Supervisor de turno, cumpliendo con nuestros estándares de seguridad, salud, medio ambiente y respeto por las comunidades, desarrollando e implementando los planes de HSEC y DS 024 aplicables al área fueron los siguientes:

- Operar eficientemente el sistema de control DCS, CCTV, AMPLA, PI System de la Sala de Control de Moly y Filtros
- Coordinar con el Supervisor Senior y personal de campo el correcto funcionamiento de los equipos correspondientes al Filtrado de Cobre, Espesadores de Concentrado Bulk & Cobre y Circuito de Molibdeno.
- Coordinar con el Supervisor Senior del área acerca de los trabajos de mantenimiento programado y no programado.
- Coordinación con los operadores de campo involucrados en las operaciones de espesamiento, conducción y descarga de concentrados Bulk & Cobre, Filtrado de Cobre, Circuito de Molibdeno y recepción de reactivos del área.
- Cumplir estrictamente con todas las políticas, normas y procedimientos de operación en Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Relaciones Comunitarias dispuestas por la Empresa.
- Mantener al día los reportes de operación y gestión del área de Moly Filtros (Ampla, Metal Accounting, reporte diario, mensual, consumo reactivos y seguridad)

- Registrar y reportar la información diaria de las variables operacionales y de rendimiento de los equipos involucrados en la operación del circuito de Molibdeno y Filtrado de Cobre.
- Informar de las ocurrencias diarias en la operación de todo el sistema integrado de manejo de espesamiento de concentrado de Cobre, filtrado de Cobre y circuito de Molibdeno a la supervisión, participando en la toma de decisiones para una operación eficiente, segura para las personas y respetando el cuidado del medio ambiente y nuestras comunidades de influencia directa a la operación.
- Cumplir funciones de emisor del área en temas de APT y aislamiento – Bloqueo (Diferentes roles).
- Reemplazo del Supervisor senior de guardia cuando se encuentre de vacaciones o de permiso.
- Generar y enviar para aprobación del supervisor senior órdenes de compra (PR) en SAP.

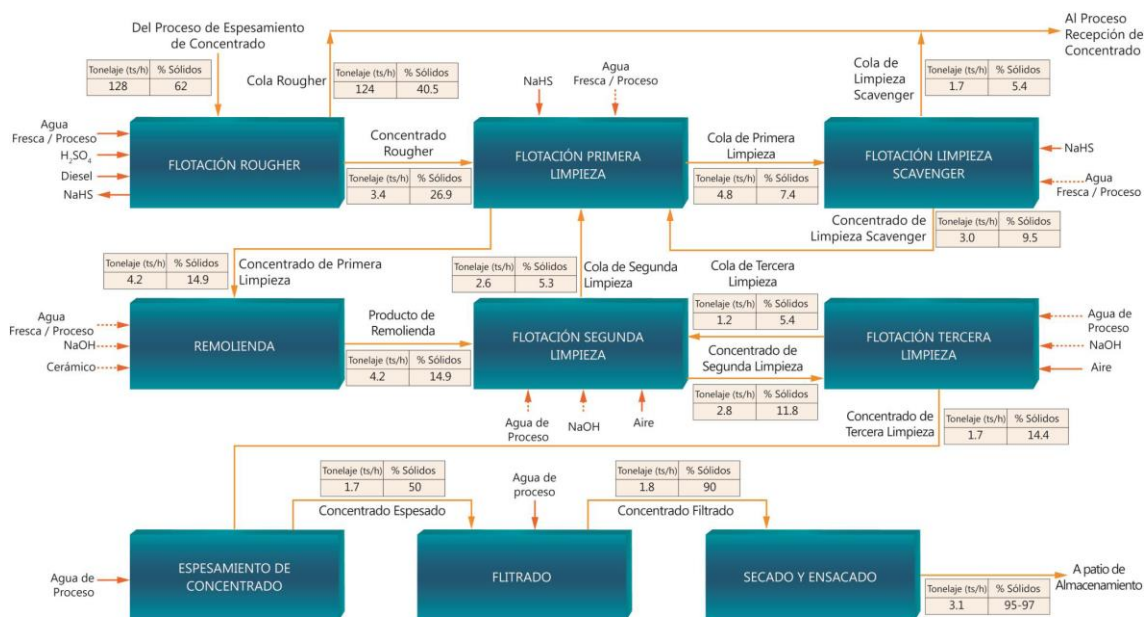
### 1.2.3. Actividades desarrolladas en el puesto de trabajo.

#### 1.2.3.1. Descripción del proceso productivo.

El circuito de responsabilidad comienza con el tratamiento del concentrado bulk que viene a razón de 128 ts/h con un 62% de sólido aproximadamente donde se adiciona ácido sulfúrico, diésel y NaSH además ingresa al proceso agua fresca, aire e hidróxido de sodio, obtenido un concentrado de 3.1 ts/h con 95 a 97% de sólidos.

Figura 4

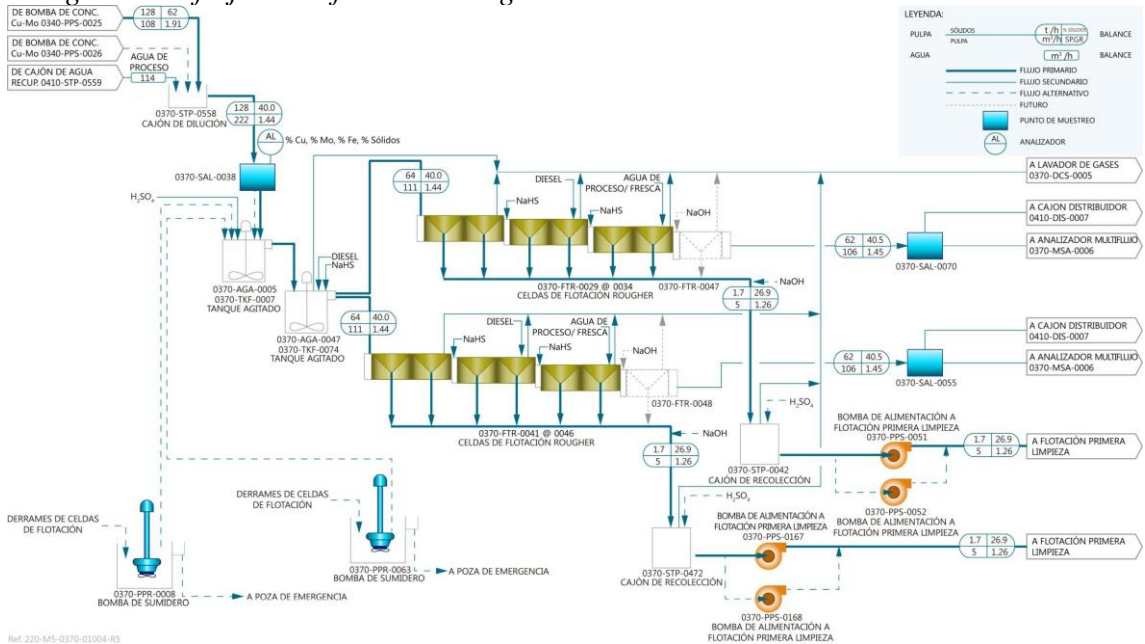
Diagrama de flujo del proceso de flotación y separación sólido líquido de moly



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 4 consta del circuito de rougher, circuito de la primera limpieza, circuito de limpieza scavenger, circuito de remolienda, circuito de flotación limpieza secundaria, circuito de flotación limpieza terciaria, circuito de espesamiento de concentrado de Moly, circuito de filtrado y circuito de secado de concentrado de molibdeno.

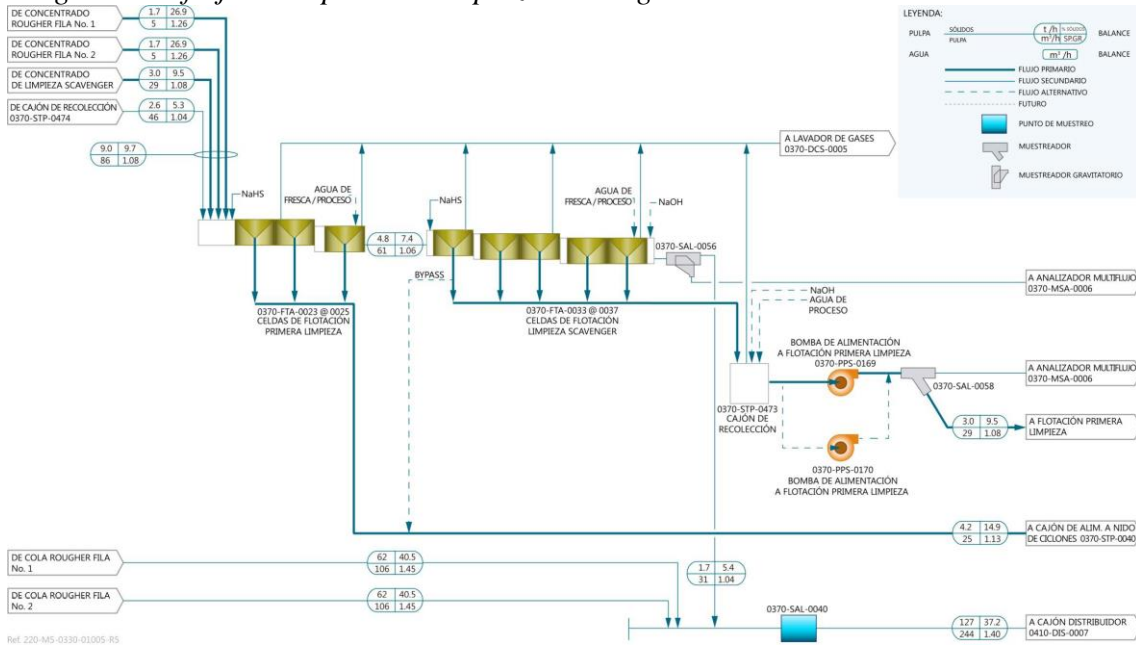
**Figura 5**  
**Diagrama de flujo de la flotación rougher**



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 5 mediante una bomba el concentrado bulk se recolecta al cajón de dilución, que luego se envía tanque de agitación1 se adiciona acido sulfúrico, luego pasa al segundo tanque de agitación donde se adiciona NaSH y Diesel para luego enviar a los circuitos de flotación rougher obteniendo concentrado de cobre y molibdeno que se envía a la primera limpieza.

**Figura 6**  
**Diagrama de flujo de la primera limpieza scavenger**

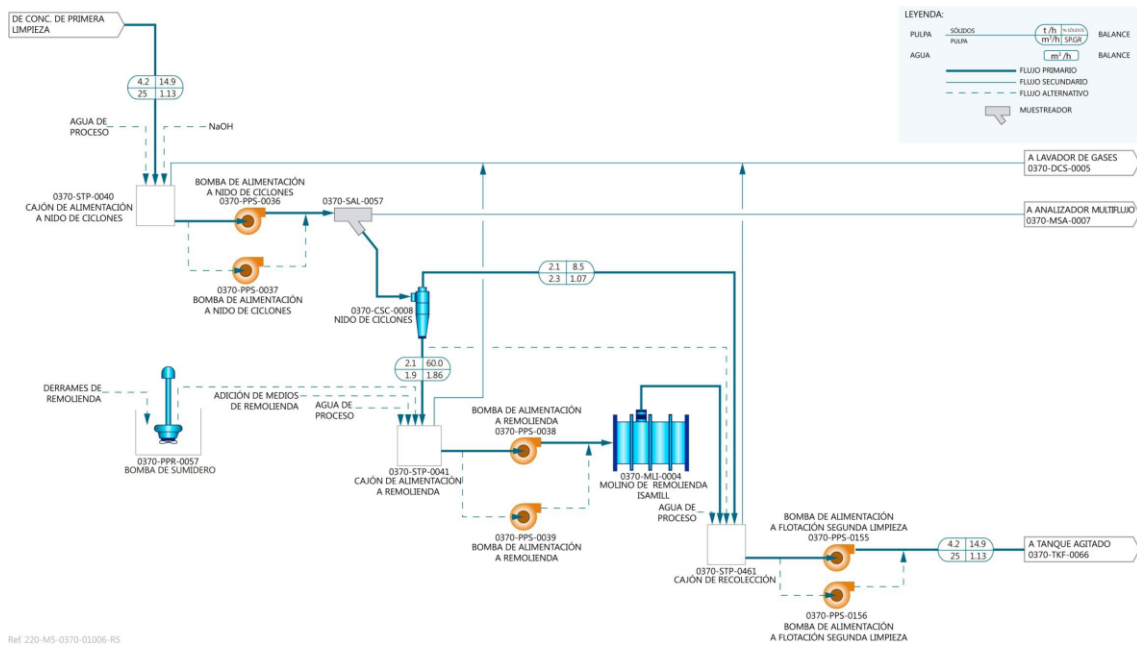


Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 6, los concentrados de rougher 1, 2, concentrado de scavenger y cajón de recolección se lleva a flotación donde se agrega NaSH a la cabeza de las celdas de flotación de la a primera limpieza y el relave de esta se envía la celda de flotación limpieza scavenger.

Figura 7

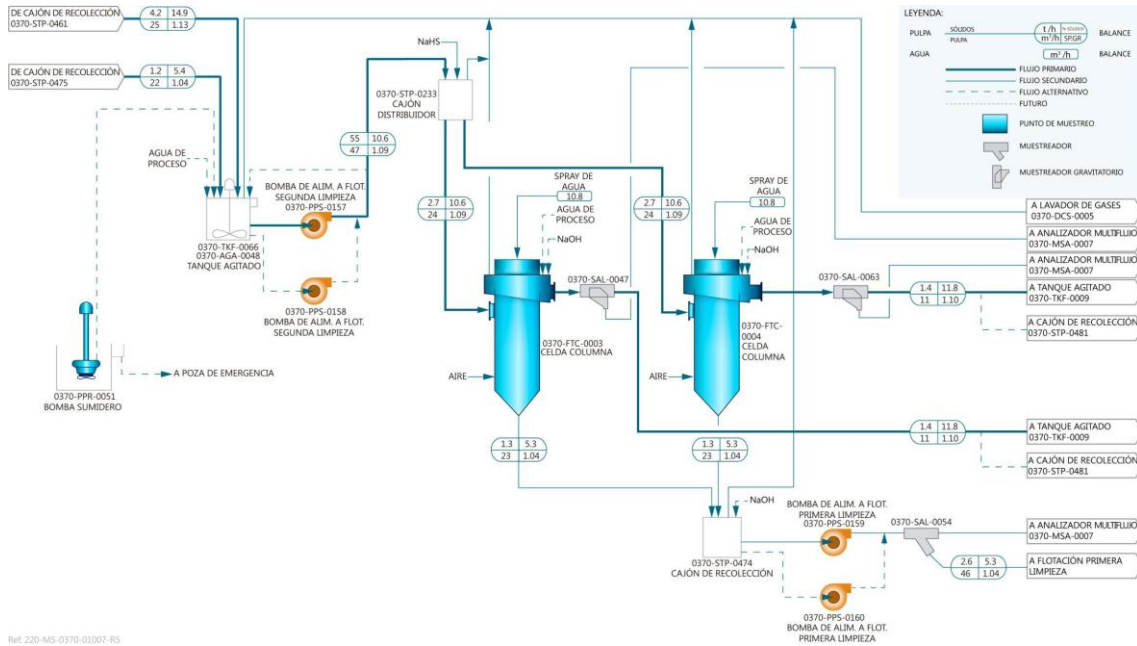
Diagrama de flujo de la remolienda



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 7, el concentrado de primera limpieza es alimentado al cajón de alimentación del hidrociclón donde se adiciona hidróxido de sodio y agua para luego enviar al hidrociclón mediante una bomba, los gruesos de hidrociclón pasan a remolienda, posteriormente los finos del hidrociclón y el producto de la remolienda es captado por el cajón para luego ser enviado mediante una bomba a tanque de agitación.

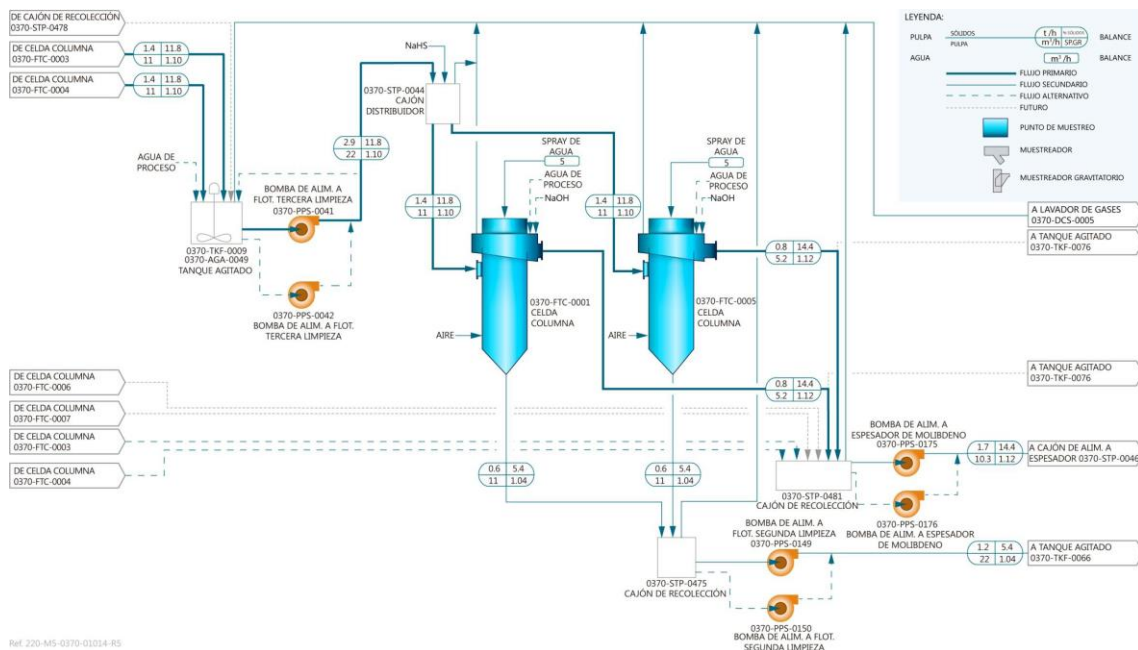
**Figura 8**  
**Diagrama de flujo de la segunda limpieza**



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 8, el flujo del cajón de recolección es alimentado al tanque de agitación, luego es enviado mediante una bomba al cajón de distribución donde se agrega NaHS, el flujo se alimenta a las celdas columnas donde se alimenta NaOH obteniendo los productos, el concentrado se envía al tanque de agitación y el relave a flotación de primera limpieza.

**Figura 9**  
**Diagrama de flujo de la tercera limpieza**

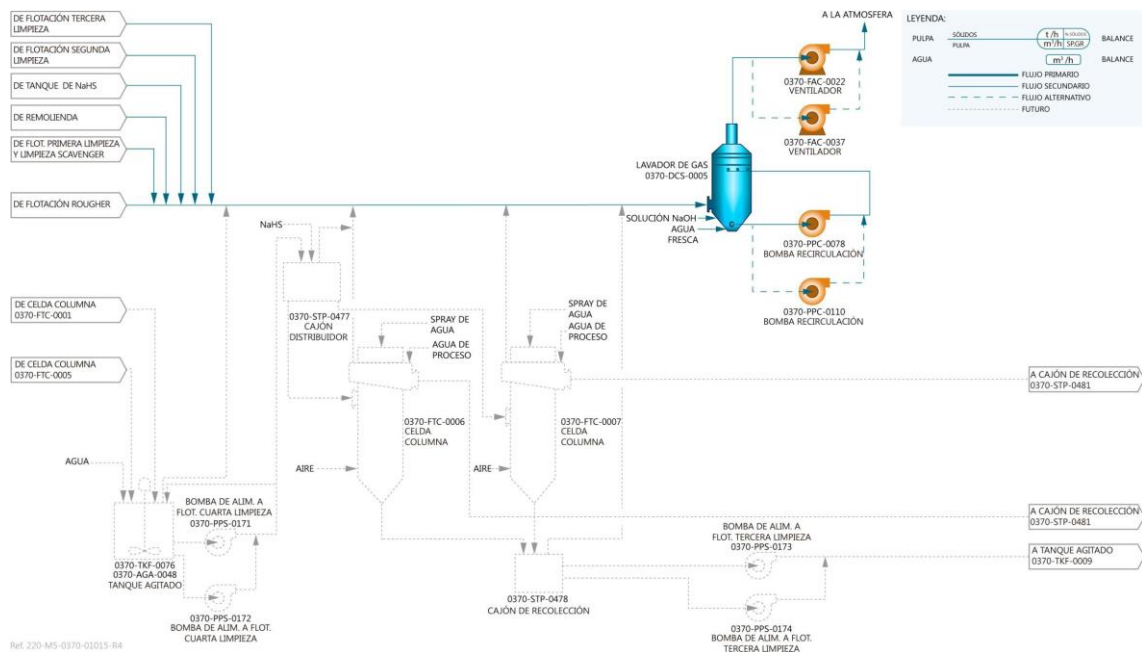




Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

De la figura 9, los concentrados de la celda columna de cajón de recolección se envía a tanque de agitación luego mediante la bomba se envía al cajón de distribución en lo que agrega NaHS para luego ser distribuido a las celdas columna donde se adiciona el NaOH de lo cual el concentrado en enviado mediante una bomba a espesador y el relave a tanque de agitación.

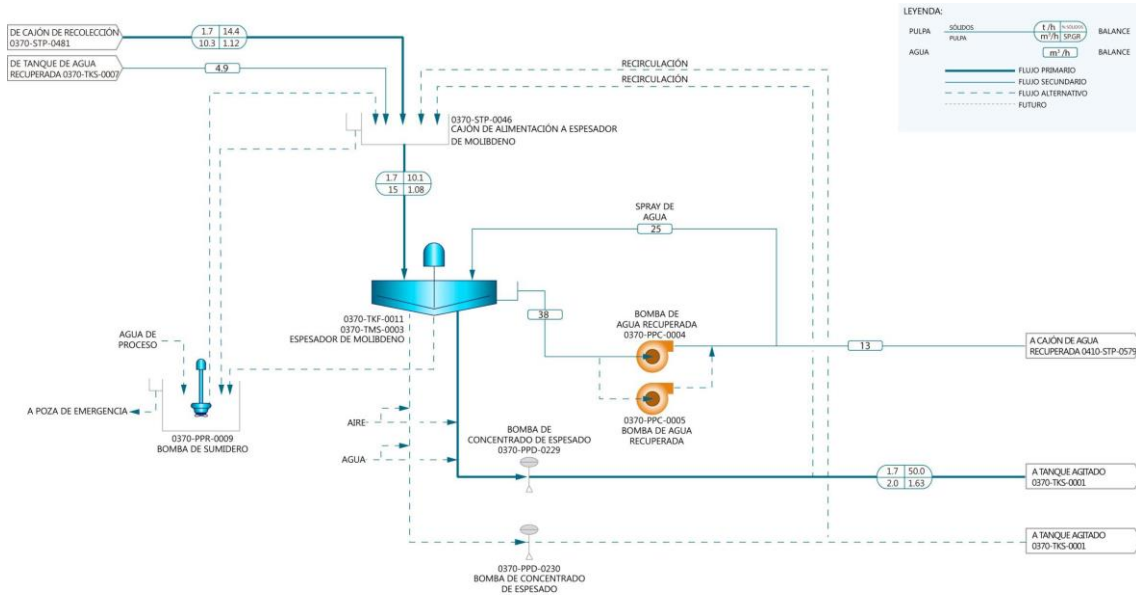
Figura 10  
Diagrama de flujo de la cuarta limpieza y gases



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 10, los gases provenientes de flotación tercera limpieza, flotación segunda limpieza, tanque NaHS, remolienda y flotación primera limpieza, limpieza scavenger, flotación se envía a lavador de gases junto con NaOH, obteniendo aire limpia que son evacuado al medio ambiente y agua de lavado que son enviado mediante una bomba a recirculación.

**Figura 11**  
**Diagrama de flujo de espesador de concentrado de Moly**

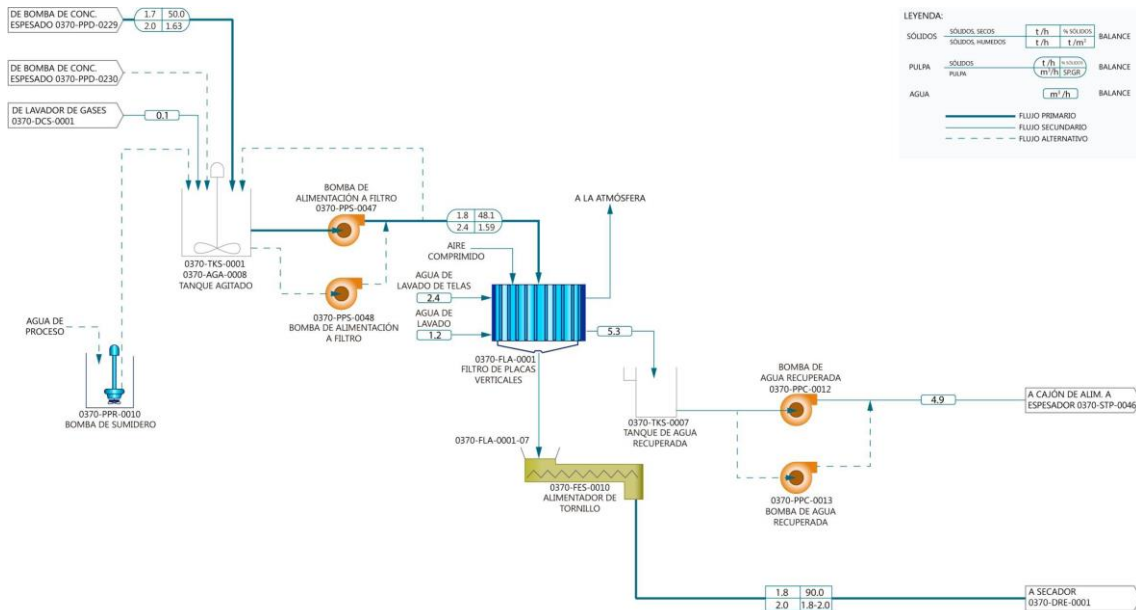


Ref. 220-M5-0370-01008-R4

Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 11, los flujos cajón de recolección y agua recuperada se envía al espesador de molibdeno de donde se obtiene agua clarificada enviando a cajón de agua recuperada y concentrado del espesador que se envía a tanque de agitación.

**Figura 12**  
**Diagrama de flujo filtración de concentrado de Moly**

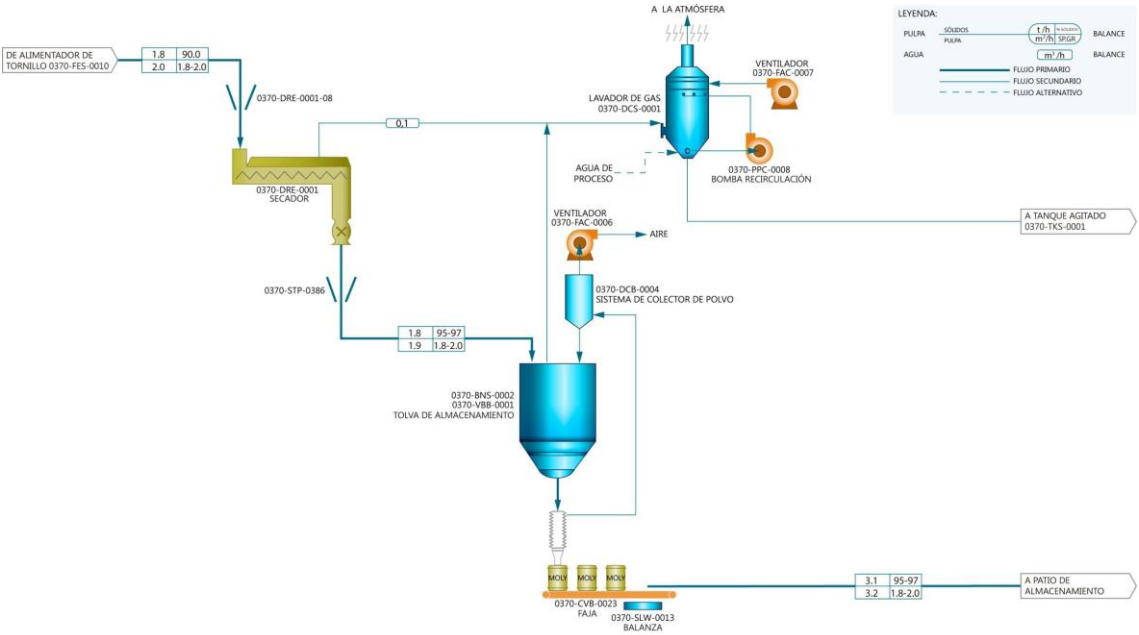


Ref. 220-M5-0330-01009-R3

Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 12 el concentrado proveniente del espesador mediante una bomba es enviado al tanque de agitación de ello mediante una bomba se alimenta al filtro de placas verticales tres productos concentrado de moly filtrado que envía por un alimentador de tornillo al secador, agua de proceso al tanque de agua recuperada y gases que son evacuado a la atmosfera.

*Figura 13*  
*Diagrama de flujo de sacado y ensacado de concentrado*



Nota: Fuente planta concentrado las bombas.

En la figura 13 de acuerdo el diagrama de flujo costa de mediante un alimentador de tornillo se envía al secador de ello se obtiene dos productos concentrado seco que se envía a la tolva de almacenamiento de ello pasa al ensacado del concentrado de molibdeno, pesado y a almacén.

### **1.3. Antecedentes.**

#### **1.3.1. Antecedentes nacionales**

Villalta Bolomer (2022) “Análisis de la optimización de los parámetros y factores que afectan la flotación de la molibdenita en la planta de molibdeno en la concentradora Cuajone” publicado en el repositorio de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa Perú, es una investigación no experimental, al realizar un análisis de los datos de reporte de laboratorio y operación a la investigación respecto factores operacionales se tiene una mejora en la calidad y recuperación de la molibdenita. En el circuito de remolienda se reduce de 80% a 70% pasante a la malla 325 con lo que se tiene una calidad de optima de molibdenita en el concentrado, el remplazo del aire por el nitrógeno en el circuito de rougher, primera, segunda y tercera limpieza y la adición de petróleo permite no bajar la calidad de concentrado a pesar de que hay un consumo de NASH y la oxidación, por otra parte la presencia de las arcillas y la impurezas eleva el consumo del NASH.

#### **1.3.2. Antecedentes internacionales**

Solano-Reynoso et al. (2019) en la “Evaluación de un procedimiento para la reducción del uso de NaSH en la separación de la molibdenita utilizando gas de nitrógeno” publicado la revista ingeniería, investigación y tecnología en Scielo; en la separación de los minerales de cobre molibdeno, como depresor del minerales de cobre se emplea el NaSH y la presencia de oxígeno hidroliza al NASH elevando el consumo, por lo que es necesario emplear un gas que no altere como el nitrógeno gas lo que permite una reducción al nivel operacional del 33% de uso del NaSH al ser probado en el circuito de rougher.

Merino Valenzuela (2019) en la “Flotación de cobre soluble en planta concentradora, División Salvador-CODELCO” publicado en el repositorio de la Universidad de Concepción Chile un trabajo experimental donde se emplearon sulfhidrato de sodio(NaSH y metabisulfito de sodio( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), el empleo de sulfhidrato de sodio 40 g/t se incrementa la recuperación de

cobre soluble en 24.49% y sulfuro en 6.74% en promedio el incremento de recuperación de 7.56% de cobre de igual manera se incrementa la recuperación de minerales de molibdeno, concluyendo la adición de los dos reactivos en proporciones óptimos incrementa la recuperación del cobre y molibdeno.

## **1.4. Bases teóricas.**

### **1.4.1. Flotación de minerales de cobre y molibdeno.**

La flotación de minerales es un proceso donde intervienen los procesos fisicoquímico, hidrodinámico, etc., en el proceso tiene tres fases sólido, líquido y gas, donde el sólido conformado por los minerales debe valiosos y no valiosos tiene comportamientos diferentes los valiosos debe de ser hidrofóbico por la acción de los colectores que tiene atracción por el gas que se encuentra como espuma, mientras que las ganga o estéril deben de ser hidrofílica por la acción de los depresores, que son atraídos por el agua (Bulatovic, 2007).

El molibdeno uno de los minerales hidrofóbicos naturales debido a su capa eléctricamente neutra y al enlace de van der Waals, la flotabilidad natural tiene su principio en los fenómenos estructurales y de enlace (Fuerstenau & Han, 2003).

Los minerales de molibdenita presente en los minerales de cobre sulfurados que son económicamente rentables, se realiza una flotación bulk cobre molibdeno, empleando colectores como el Aero 3302 entre 5 – 25 g/t y la adición de petróleo o aceite combustible que mejora la flotabilidad de molibdenita en un rango de 20 -50 g/t (Cytec, 2002).

### **1.4.2. Separación de cobre molibdeno.**

El concentrado bulk cobre molibdeno, para la separación se flota la molibdenita y se deprime los minerales sulfurados de cobre y la pirita empleando sulfhidrato de sodio y el gas nitrógeno para evitar la oxidación NaSH y tener una mejor efecto en la flotabilidad, para deprimir los minerales cobre y pirita residual, se emplean el cianuro de sodio (Cytec, 2002).

### **1.4.3. Variables que intervienen en la flotación de minerales de molibdeno.**

En el proceso de separación cobre molibdeno influyen ciertas condiciones como: reactivos, control de pH, tipo de mineral, tamaño del mineral y tipo de celda de flotación.

#### ***1.4.3.1. Reactivos en la flotación de minerales de molibdeno.***

Los reactivos que afectan a la flotación de los minerales de molibdeno son el ácido sulfúrico, cal, sulfhidrato de sodio, diésel, etc.

El ácido sulfúrico es un modificador de pH ligeramente básica en un rango de 7.5 para la flotación de minerales de molibdeno como la molibdenita (911Metallurgist, 2018), actúa sobre la presencia del ión calcio limpiado la superficie de la molibdenita permite la flotación y recuperación (Ladrón de Guevara Martínez, 2016), por otra parte permite darle estabilidad a sulfhidrato de sodio.

El óxido de calcio se emplea en la flotación como depresores de minerales sulfurados como la pirita, sin embargo el ion calcio se adhiere a la superficie de molibdenita (Manríquez Contreras, 2019) bajando la velocidad de flotación, haciéndolo menos selectiva (Ladrón de Guevara Martínez, 2016). El rango de flotación del pH del molibdeno es de 7 – 8 donde se tiene una flotación selectiva (Danafloat, 2023).

El NaSH es el reactivo empleado en la separación por flotación selectiva de cobre molibdeno donde el sulfhidrato de sodio tiene alta afinidad con la molibdenita, el NaSH es un agente reductor de la oxidación de la superficie de la molibdenita (Empiricaconsultores, 2021). El NaSH actúa como depresor del cobre en la separación de cobre molibdeno mediante una flotación selectiva del molibdenita, mejorando la recuperación (Verdejo Trejo, 2007).

#### **1.4.4. Pruebas de flotación a nivel laboratorio.**

Las pruebas de flotación consideradas en este trabajo buscan evaluar el consumo de sulfhidrato de sodio en mecanismos ajenos a la depresión de sulfuros de cobre. Adicionalmente, se evaluarán otras alternativas que permitan disminuir el uso del depresor ya mencionado.

Para cumplir con los objetivos planteados, las pruebas de flotación se dividieron en 3 sets, donde cada uno busca en particular estudiar el comportamiento de alguna variable del proceso.

Estas pruebas nos permitirán obtener valiosa información referente a las bondades metalúrgicas y económicas que el mineral posee. Esta importancia indica que se debe realizar en forma metódica aplicando conocimientos, habilidades, capacidades técnicas e imaginación basada en la experiencia para solucionar los problemas y dificultades surgidas durante su desarrollo.

Para simplificar su desarrollo es necesario seguir una secuencia progresiva de información y experimentación, detallando y anotando las observaciones encontradas en las pruebas a realizar.

Para el desarrollo de estas pruebas se obviaron los siguientes aspectos por los motivos mencionados a continuación.

##### **a) Impacto de la concentración de O<sub>2</sub> en el proceso de flotación.**

En esta prueba no se evaluará el efecto del oxígeno en el consumo del NaSH debido a que en el circuito de Moly utilizamos aire enrarecido, este aire es auto aspirada de la misma celda, a la vez las celdas de flotación son cerradas evitando el ingreso del oxígeno al sistema.

##### **b) Impacto de la recirculación de la cola Scavenger al TKF 007.**

En la ampliación del circuito de Molibdeno se ha considerado instalar una línea que recircule la cola scavenger a la cabeza TKF 074, para las pruebas que se han realizado se abrió el circuito (la cola scavenger se direcciona a la cola final, espesador de Cu).



#### **1.4.4.1. Caracterización de la muestra de Mo para la dilución de NASH y golpe de ácido.**

**Objetivo:** Evaluar cómo afecta la variación del pH en la recuperación, grado y consumo de NaSH.

En la siguiente tabla mostramos la caracterización química de la pulpa de entrada a circuito de flotación de molibdeno.

*Tabla 4*  
*Análisis químico de la muestra*

Ley (%) ASSAY									
	Fecha	Hora	%solid.	Mo	Cu	Fe	Ins.	Ca	Mg
Esp. Bulk	17/11/2021	17:45	59	0,65	34,93	20,15	11,51	2,38	0,62

En la tabla 4 la descarga de las espumas del concentrado bulk del 17 de noviembre del 2021 a las 17:45 horas los resultados de la muestra se tiene 59% de solidos con una ley de 0.65% de molibdeno, 34.93% de cobre, 20.15% de hierro, 11.51% de insolubles, 2.38% de calcio y 0.62% de magnesio.

#### 1.4.4.2. *Materiales y equipos usados en las pruebas de laboratorio.*

Tabla 5

*Equipos herramientas y materiales usado en el laboratorio*

<b>Equipos</b>	<b>Herramientas/ materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Celda de Flotación DENVER	Vaso de precipitados 300 ml	Reactivo NaSH
Balón de Nitrógeno y CO <sub>2</sub>	Picetas	Reactivo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Potenciómetro Digital	Bandejas	Reactivo Diesel, Silicato, u otro según requiera el plan de pruebas.
Balanza Marcy	Cronómetros	Reactivo P-4000k
pH-Metro	Recipiente de 1 Lt de balanza Marcy	Agua de proceso
Potenciómetro ORP MV°	Recipiente con solución de NaOH	Pulpa, Concentrado Bulk.
Altair calibrado 2X	Recipiente para solución de NaSH	Hidróxido de Sodio.

En la tabla 5 se describen los equipos, herramientas, materiales y reactivos empleados en las pruebas metalúrgicos.

#### 1.4.4.3. *Preparación mecánica de la muestra.*

Para llevar a cabo la experimentación se recogió la muestra proveniente de la flotación de Bulk, el cual consta de un muestreador automático donde se recogen aproximadamente 1 balde (15 litros) el cual es llevada al laboratorio químico para previamente hacer su análisis químico, el cual se muestra en la tabla 4.

#### 1.4.4.4. *Condiciones de operación experimental*

Realizado el muestreo y su respectivo análisis granulométrico de esta pulpa proveniente del circuito de flotación de Bulk se encuentra entre 40 y 50% malla 325 y teniendo en cuenta

el análisis químico de la pulpa damos las siguientes condiciones para las pruebas preliminares que brinden soporte y mejoras a operaciones de planta moly.

*Tabla 6*  
*Condiciones de operación*

<b>Descripción</b>	<b>Condición</b>	<b>Concentración o porcentaje</b>
Celda de flotación	Denver	Concentración de NASH 30%
Volumen de pulpa	2 L	Concentración de ácido sulfúrico 10%
Tiempo de flotación	17 minutos	Porcentaje de solido 35%
Flujo de nitrógeno	2.5 L/min	

En la tabla 6 se empleó una celda denver con una pulpa de 2 litros con NaSH al 30%, y ácido sulfúrico al 10%, porcentaje de solido al 35%, con un flujo de nitrógeno gas a razón de 2.5 l/min en un tiempo de 17 minutos.

#### ***1.4.4.5. Resultados de las pruebas experimentales.***

Realizadas las pruebas experimentales con las condiciones de operación mostradas en la tabla 7,8,9,10 los resultados para cada una de las pruebas se muestran a continuación:

Tabla 7  
Pruebas: Muestreo y acondicionamiento.

Descripción	Prueba	MUESTREO				ACONDICIONAMIENTO			
		Pulpa Cabeza de Flotación				Golpe de Ácido			
		pH	ORP, mv	% Sol.	Característica	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , ml	pH	ORP, mV	Tiempo Acond., min
<b>Test 1 pH=06</b>	Test1	9,33	-93,7	35%	Docil	15,8	6,0	94,1	3
<b>Test 2 pH=7_STD</b>	Test2	9,32	-98,2	35%	Docil	4,5	6,9	-24,6	3
<b>Test 3 pH=9</b>	Test3	9,29	-65,5	35%	Docil	0,50	9,0	-32,2	3
<b>Test 4 pH=11</b>	Test4	9,28	-62,4	35%	Docil	2,80	11,0	-87,3	3
<b>30% NaHS</b>	Test5	9,15	-20,8	35%	Docil	4,20	6,96	-5,1	3
<b>20% NaHS</b>	Test6	9,22	-68,6	35%	Docil	4,20	6,95	-24,6	3
<b>10% NaHS</b>	Test7	9,24	-90,0	135%	Docil	4,20	6,98	-20,5	3

Tabla 8  
Pruebas: Golpe de ácido y dilución de NaSH

Descripción	Prueba	ACONDICIONAMIENTO				FLOTACIÓN				
		Adición de Reactivos				Inicio		Final		
		NaSH, ml	pH	ORP, mV	Tiempo Acond., min	pH	ORP, mV	pH	ORP, mV	
Test 1 pH=06	Test1	21,00	7,96	-503	4	7,99	-515	9,43	-587	<b>Variando pH de golpe de ácido</b>
Test 2 pH=7_STD	Test2	3,10	8,57	-516	4	8,71	-521	9,45	-550	
Test 3 pH=9	Test3	1,70	9,87	-528	4	10,50	-547	11,04	-573	
Test 4 pH=11	Test4	0,80	11,21	-540	4	11,36	-552	11,51	-501	
30% NaHS	Test5	3,10	8,52	-516	4	8,80	-535	9,48	-551	<b>Variando dilución de NaHS, %</b>
20% NaHS	Test6	3,70	8,51	-520	4	8,73	-532	9,12	-492	
10% NaHS	Test7	6,30	8,53	-513	4	8,57	-511	8,84	-477	

Tabla 9  
Resumen de Resultados de Flotación.

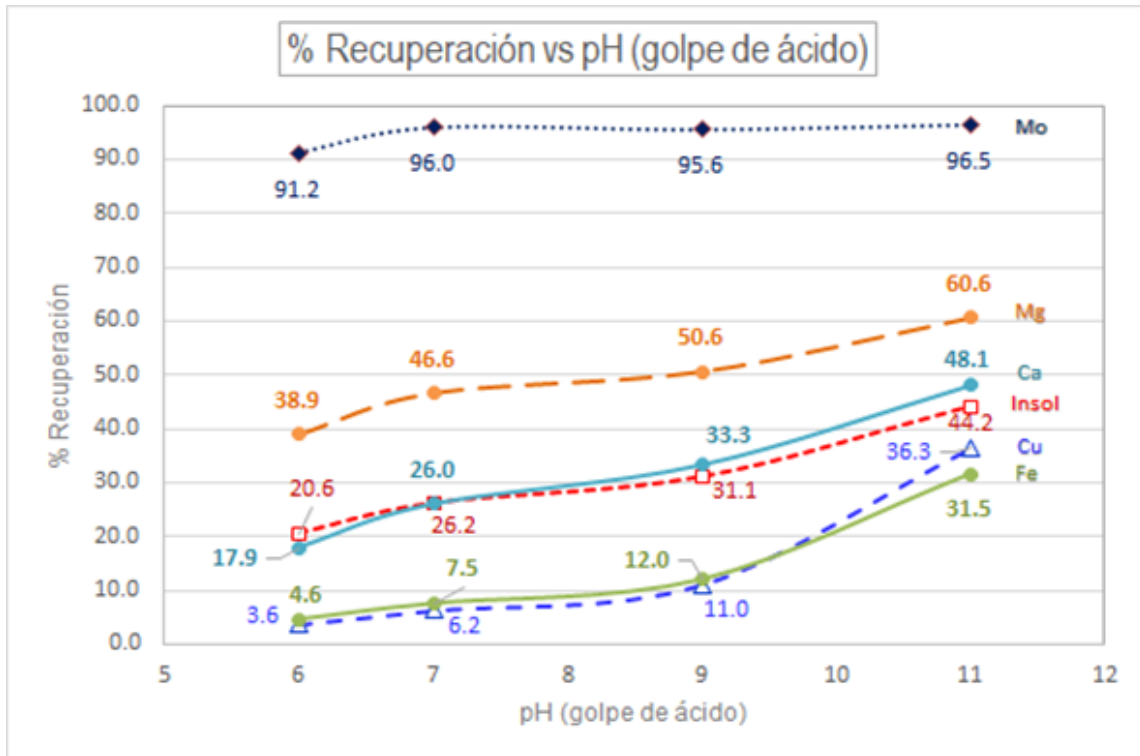
DESCRIPCIÓN	PRUEBA	% Rec. Másica	% Recuperación						Grado del Concentrado, %					
			Mo	Cu	Fe	Ins.	Ca	Mg	Mo	Cu	Fe	Ins.	Ca	Mg
<b>Test 1 pH=06</b>	Test1	7,8	<b>91,2</b>	3,6	4,6	20,6	17,9	38,9	8,0	15,7	11,5	27,5	5,6	3,2
<b>Test 2 pH=7_STD</b>	Test2	11,1	<b>96,0</b>	6,2	7,5	26,2	26,0	46,6	6,0	19,2	13,5	25,9	5,6	2,6
<b>Test 3 pH=9</b>	Test3	15,8	<b>95,6</b>	11,0	12,0	31,1	33,3	50,6	4,1	23,7	15,1	21,6	5,0	2,0
<b>Test 4 pH=11</b>	Test4	36,8	<b>96,5</b>	<b>36,3</b>	31,5	44,2	48,1	60,6	1,8	<b>34,5</b>	17,0	13,1	3,1	1,0
<b>30% NaHS</b>	Test5	10,3	<b>96,0</b>	5,3	6,7	23,5	25,7	45,1	6,4	18,0	12,9	26,8	5,9	2,8
<b>20% NaHS</b>	Test6	10,4	<b>96,2</b>	5,4	6,7	23,9	25,8	46,4	6,4	18,5	12,8	27,5	6,0	2,9
<b>10% NaHS</b>	Test7	13,8	<b>96,0</b>	9,5	10,0	27,5	28,5	49,0	4,8	24,1	14,2	21,9	4,8	2,2

Tabla 10  
Resumen - Resultados de Flotación Cinética

DESCRIPCIÓN	PRUEBA	% Rec. Másica	Cinética - Modelo Kimplel											
			K						R. Infinita					
			Mo	Cu	Fe	Ins.	Ca	Mg	Mo	Cu	Fe	Ins.	Ca	Mg
<b>Test 1 pH=06</b>	Test1	7,8	0,85	0,70	0,6	0,4	0,4	0,5	99,9	3,7	4,8	24,7	22,3	46,2
<b>Test 2 pH=7_STD</b>	Test2	11,1	2,49	0,74	0,6	0,8	0,7	0,8	99,4	6,8	8,6	29,4	29,7	51,5
<b>Test 3 pH=9</b>	Test3	15,8	1,96	0,73	0,7	0,8	0,8	0,8	100,0	12,6	14,1	35,1	37,8	56,7
<b>Test 4 pH=11</b>	Test4	36,8	1,82	0,41	0,3	0,6	0,6	0,7	100,0	45,7	43,0	52,6	57,5	70,6
<b>30% NaHS</b>	Test5	10,3	2,21	0,02	0,6	0,7	0,6	0,7	100,0	49,3	7,5	26,7	30,0	50,8
<b>20% NaHS</b>	Test6	10,4	2,55	0,45	0,4	0,7	0,6	0,7	99,4	6,3	8,4	26,6	30,0	51,8
<b>10% NaHS</b>	Test7	13,8	2,55	0,72	0,6	0,7	0,6	0,7	99,8	8,5	10,2	31,5	34,0	55,3

#### 1.4.4.6. Evaluación de flotación con variación del pH.

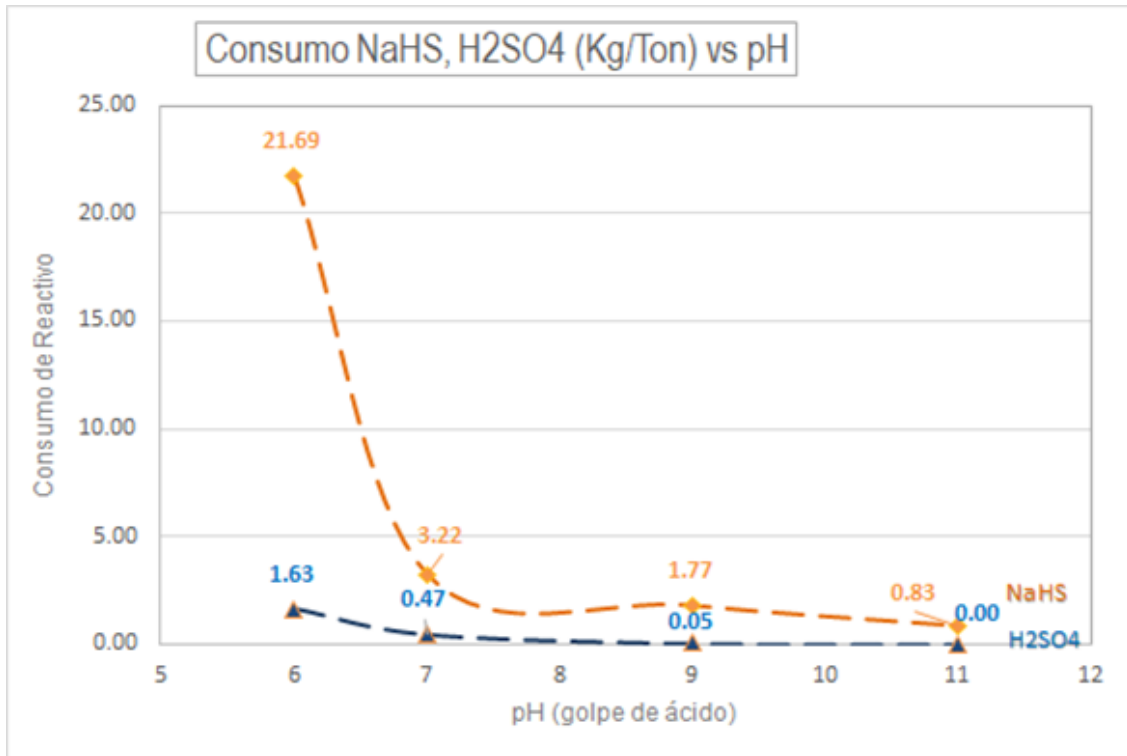
Figura 14  
Resultados de la prueba 1



En la figura 14 la curva de recuperación de molibdeno entre 91.2% a 96.5%, para el cobre 3.6% a 36.3% , hierro entre 4.6% a 31.5%, calcio entre 17.9% a 48.1%, insolubles entre 20.6% a 44.2% y manganeso entre 38.9% a 60.6%, por lo que a medida que aumenta el pH aumenta el porcentaje de recuperación.

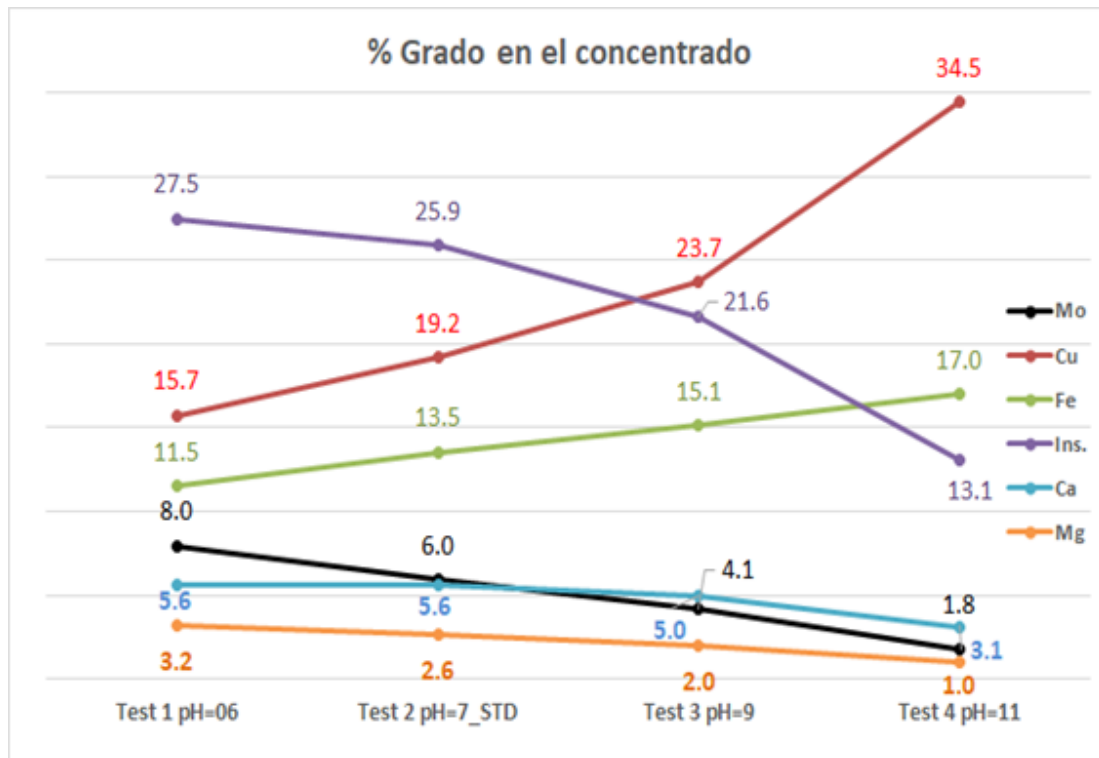


Figura 15  
Resultados de la prueba 2



En la figura 15 la curva de consumo de reactivos disminuye a medida que aumenta el pH, desde 21.69kg/t a 0.83 kg/t de NaHS, para ácido sulfúrico de 1.63 kg/t a 0.

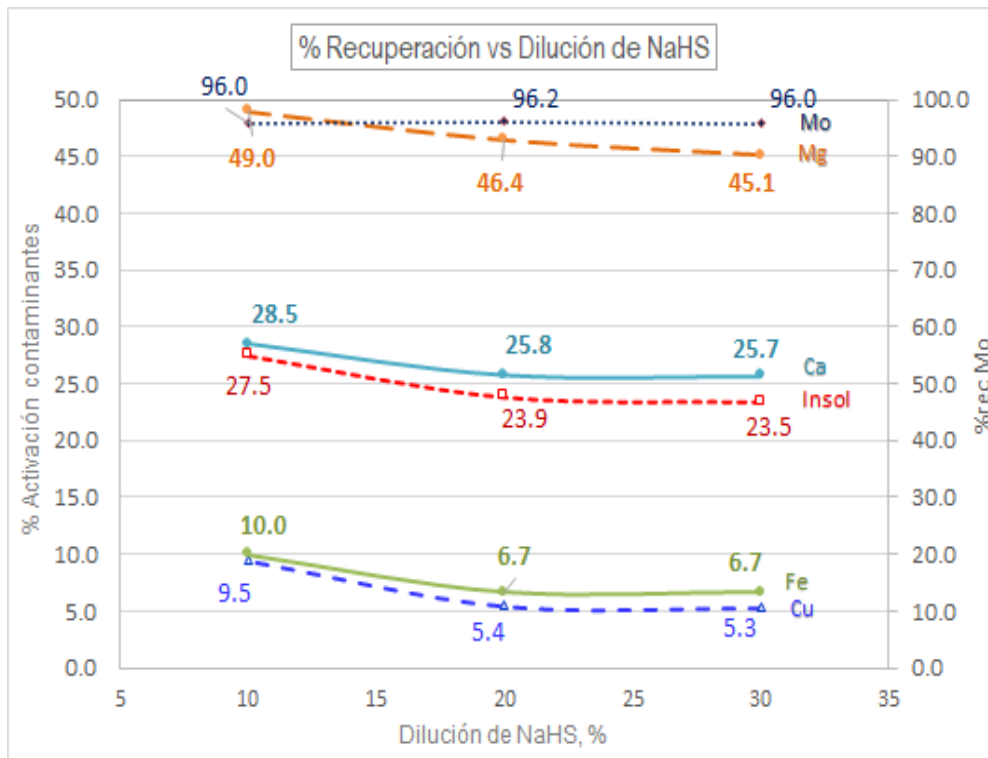
Figura 16  
Resultados de la prueba 3



En la figura 16 de acuerdo a la curva pH grado de concentrado, el Cu y Fe a mayores pH se activan (flotan) como se evidencia en este gráfico, A pH mayores a 9 afectan negativamente en la flotación de Mo, se presenta activación de los insolubles siendo esta directamente proporcional al incremento del pH. El consumo de NaHS se incrementa cuando se tiene valores menores a 8 de pH, en planta Moly se trabaja con valores mayores a 8.5, se evidencia que no se tendría mucho ahorro de NaHS aumentado el pH mayor a 9, pero si se tendría activación de insolubles y sobre esfumación en celdas rougher. El pH de trabajo de planta Moly para tener un mejor rendimiento debe ser entre valores de 8.5 – 9 (considerando evitar activar alarmas por H<sub>2</sub>S).

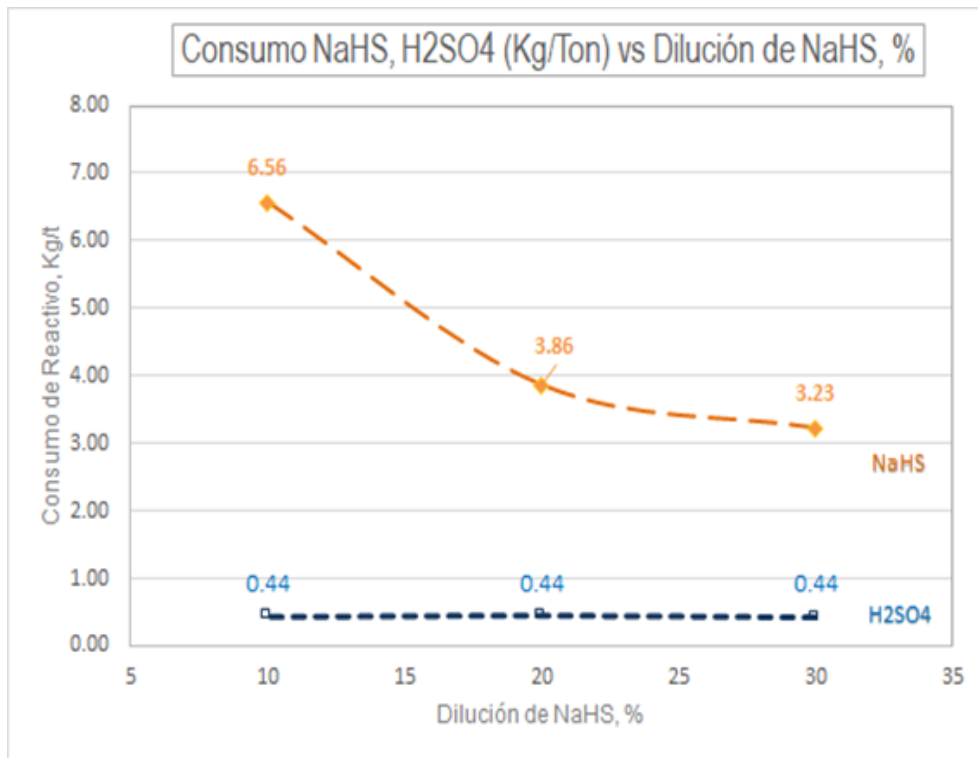
#### 1.4.4.7. Evaluación de flotación: dilución de NaHS.

Figura 17  
Resultados de la prueba 4



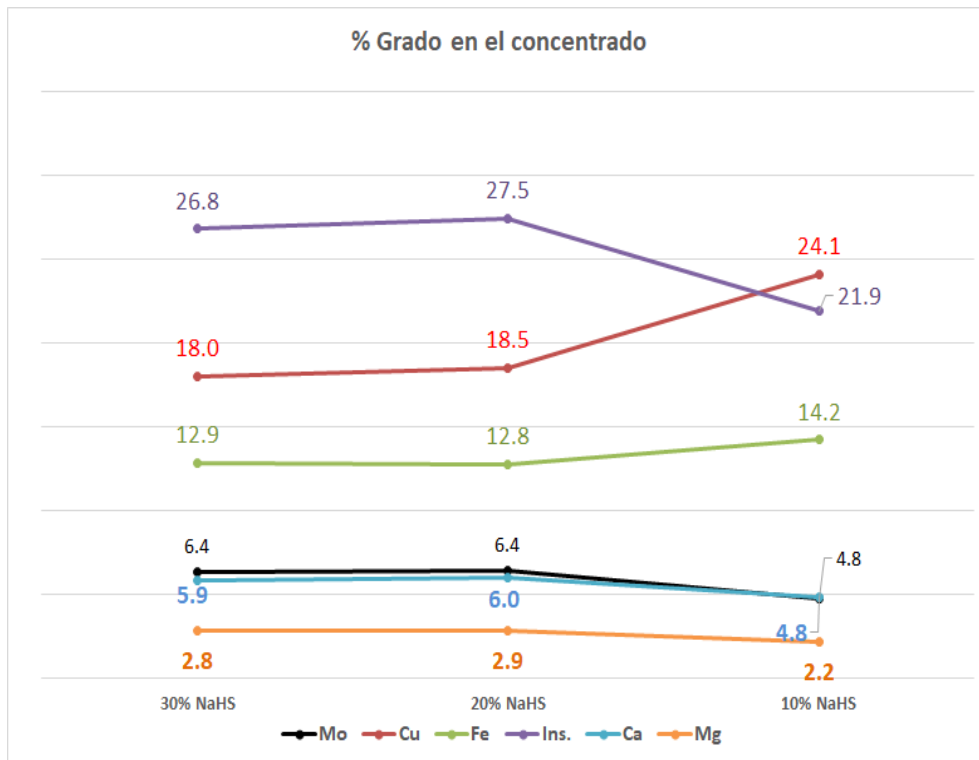
En la figura 17, el porcentaje de concentración de NaHS para el molibdeno permanece constante la recuperación entre 96% a 96%, para las impurezas decrece, para el magnesio de 49% a 45.1%, calcio de 28.5 a 25.7%, insolubles de 27.5% a 23.5%, hierro de 10% a 6.7% y cobre de 9.5% a 5.3%.

Figura 18  
Resultados de la prueba 5



En la figura 18, el consumo del ácido sulfúrico de 0.44kg/t a 0.44 kg/t permanece constante con el incremento de la concentración del NaHS y el consumo disminuye de 6.56 kg/t a 3.23 kg/t.

Figura 19  
Resultados de la prueba 6



De la figura 19 la diluyendo el NaSH de 30% a 20% no se observa una variación en la recuperación del Mo, activación de los contaminantes y grados en el concentrado. El consumo de NaSH diluyendo de 30% a 20% no es significativo (20%: 3.86k/t. 30%: 3.23k/t).

#### 1.4.4.8. Evaluación del consumo de NaSH a nivel industrial

Una vez realizadas las pruebas experimentales se hace una evaluación de cómo influye el golpe de ácido, y la dilución de NaSH en el consumo de NaSH, a la vez se puede observar cómo afecta estas variables en la cinética y recuperación de Moly, cuyos resultados se muestra en la tabla 8 Y 9.

Anterior a estas pruebas se comenzaron a variar otras variables para poder bajar el consumo del NaSH, entre estas tenemos: Se subió el % de solidos de alimentación al circuito de moly anterior (30 – 35) %, (actual 35- 42) %, la otra variable que se vario es el ORP en la Rougher anterior (-520 - -550) Mv, actual (-480 - -520) Mv. En la tabla siguiente se muestra el consumo de NaSH desde febrero 2020 hasta abril 2022, teniendo los picos más altos entre febrero y julio del 2021.

Tabla 11

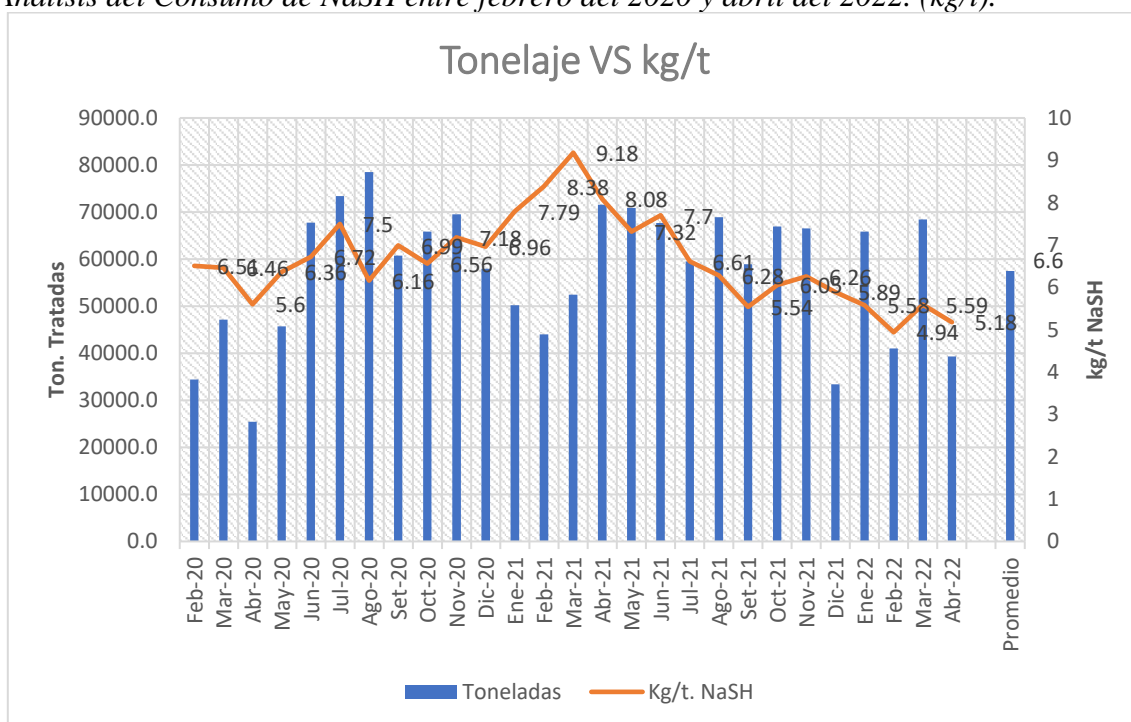
Base de datos de tonelajes, consumo de NaSH puro por mes y el consumo de Kg/t de NaSH.

Fecha	Tonelaje mineral	Tonelada NaSH	(kg/t) NaSH	Fecha	Tonelaje mineral	Tonelada NaSH	(kg/t) NaSH
01/28/2020	34438,00	202,83	6,51	30/04/2021	71533,00	548,46	8,08
30/03/2020	47164,00	310,69	6,46	30/05/2021	70868,00	500,66	7,32
30/04/2020	25402,00	140,52	5,60	30/06/2021	67650,00	499,03	7,70
30/05/2020	45720,00	328,43	6,36	30/07/2021	59545,00	442,77	6,61
30/06/2020	67738,00	395,56	6,72	30/08/2021	68874,00	415,77	6,28
30/07/2020	73407,00	451,37	7,50	30/09/2021	58916,00	340,28	5,54
30/08/2020	78528,00	393,80	6,16	30/10/2021	66917,00	387,24	6,05
30/09/2020	60726,00	413,28	6,99	30/11/2021	66553,00	367,07	6,26
30/10/2020	65836,00	464,85	6,56	30/12/2021	33366,00	196,06	5,89
30/11/2020	69533,00	482,44	7,18	30/01/2022	65836,00	386,00	5,58
30/12/2020	57964,00	320,20	6,96	28/02/2022	41006,00	264,00	4,94
30/01/2021	50189,00	391,89	7,79	29/03/2022	68407,00	386,73	5,59
28/02/2021	43994,00	384,90	8,38	27/04/2022	39278,00	249,00	5,18
30/03/2021	52441,00	468,47	9,18				
Promedio	57475,15	375,27	6,64	Desv. sta	13949,574	98,159	0,997

En la tabla 11 se tiene el consumo de NaSH desde el mes de febrero del 2020 a abril del 2022 con un promedio de consumo de 6.64 kg/t de NaSH con una desviación estándar de 0.997 y un coeficiente de correlacional del orden de 0.82.

*Figura 20*

*Análisis del Consumo de NaSH entre febrero del 2020 y abril del 2022. (kg/t).*



En la figura 10 se ve que el consumo de NaSH, está en función al tonelaje alimentado al circuito. A mayor tonelaje menor consumo de NaSH. Otra variable que se ha modificado en el circuito es el de subir el porcentaje de sólidos anterior (30 – 35) %, (actual 35- 42) %. Con esta variable también se logró disminuir el consumo de NaSH.

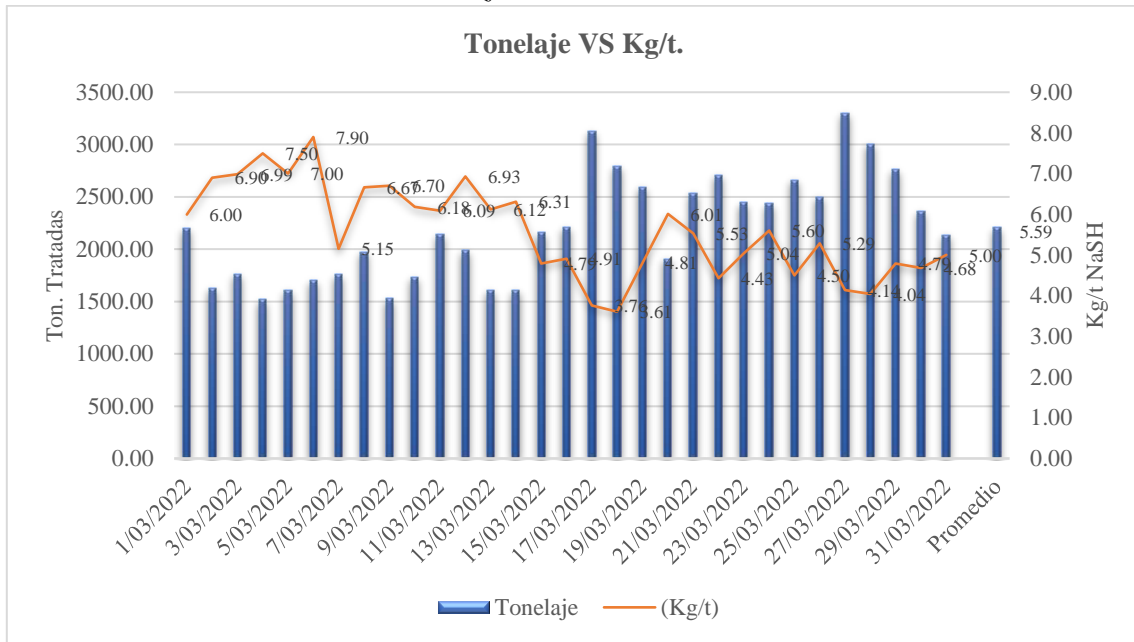
*Tabla 12*  
*Tonelaje VS consumo de NaSH en el mes de marzo 2020*

Fecha	Tonelaje	(Kg/t)	Fecha	Tonelaje	(Kg/t)
1/03/2022	2204.19	6.00	17/03/2022	3130.90	3.76
2/03/2022	1629.13	6.90	18/03/2022	2793.30	3.61
3/03/2022	1760.61	6.99	19/03/2022	2596.73	4.81
4/03/2022	1518.40	7.50	20/03/2022	1905.13	6.01
5/03/2022	1609.64	7.00	21/03/2022	2535.64	5.53
6/03/2022	1700.79	7.90	22/03/2022	2706.29	4.43
7/03/2022	1757.00	5.15	23/03/2022	2445.75	5.04
8/03/2022	1976.00	6.67	24/03/2022	2435.59	5.60
9/03/2022	1527.00	6.70	25/03/2022	2664.36	4.50
10/03/2022	1732.00	6.18	26/03/2022	2498.87	5.29
11/03/2022	2141.00	6.09	27/03/2022	3299.00	4.14
12/03/2022	1988.00	6.93	28/03/2022	3004.00	4.04
13/03/2022	1607.00	6.12	29/03/2022	2762.00	4.79
14/03/2022	1610.00	6.31	30/03/2022	2365.00	4.68
15/03/2022	2158.00	4.79	31/03/2022	2137.00	5.00
16/03/2022	2209.00	4.91			
Promedio	2206.69	5.59	Desv. M	506,699	1,140
Máximo	3299,00	7,90	Mínimo	1518,40	3,61

En la tabla 12 se tiene una muestra de 31 de toneladas procesadas y el consumo de NaSH en kg/t, obteniendo un promedio de 2206.69 toneladas por día, 5.59 kg/t de NaSH con una desviación para el tonelaje de 506.699 y de 1.14 para el consumo de NaSH.



**Figura 21**  
**Análisis del Consumo de NaSH marzo 2022.**



En la figura 11 se puede apreciar que cuando se alimenta mayor a 1000 TMS por turno el consumo de NaSH, está en promedio 4.8 Kg/t, (17 – 30/03/2011) a menor tonelaje mayor consumo de NaSH, esto es debido a que la pulpa está más diluida y por ende requiere más NaSH para lograr al ORP deseado.

### **1.5. Dificultades para desempeñar el puesto.**

Para el actual cargo no he tenido dificultades al desempeñar el puesto ya que el anterior a este puesto, lo he realizado trabajos iguales o similares en otra minera (Compañía Minera Antamina).

### **1.6. Contribuciones de la formación académica en el desempeño del puesto.**

Los conocimientos adquiridos en mi formación académica fueron herramientas que me ayudaron a consolidar mis competencias y conocimientos para realizar mi trabajo, ya que con los conocimientos adquiridos en la Universidad tengo la capacidad de desarrollar en forma analítica y crítica los problemas que pasan en la operación, estos me ayudaron a realizar y analizar diversos tipos de balances metalúrgicos, interpretar tendencias, Realizar pruebas de flotación y otros análisis concernientes a la operación, durante los años que tengo realizando este trabajo he adquirido mejores y mayores conocimientos que me capacita como persona para interactuar con mi entorno laboral de una forma más positiva, proactividad, y con empatía, teniendo el compromiso, de la autocrítica y la tolerancia la cual contribuyen a la inserción en mi vida laboral.

### **1.7. Metas personales y formativas alcanzadas durante el desempeño del puesto.**

Al terminar la universidad mi visión fue la de trabajar en el sector minero, y poder desempeñarme en la carrera que había estudiado. Fui logrando poco a poco mis objetivos. Inicialmente trabajé como operador en Compañía Minera Santa Luisa, el 2006 ingresé a trabajar a Compañía Minera Antamina. Mi meta era seguir asumiendo nuevos retos, el 2015 ingresé a Minera las Bambas como Coordinador de Sala de Control de Moly y Filtros, en calidad de funcionario (personal de confianza de la empresa) interactuando directamente con el Senior de Operaciones, Superintendente y Gerente de la Concentradora.

Entre los proyectos propuestos y logrados son:

- Reducción del consumo de NaSH en el circuito de Moly.

- Uso del Diesel como colector de Moly para mejorar la recuperación.
- Reducción del consumo de floculante, para mejorar el filtrado de Cobre.

### **1.8. Otros.**

Al arrancar el circuito de Molibdeno y Filtros Cobre en Minera las Bambas, uno de los problemas que se tubo fue que casi el 70% de personal era gente de la comunidad, personas que casi nunca habían trabajado en una mina y menos en una Concentradora. A los cuales se les tuvo que enseñar desde cero, muchos de ellos aprendieron rápido asumiendo en la actualidad puestos de Técnicos 1.

El otro 30% estaba entre gente con experiencia práctica y teórica, cada uno con un paradigma diferente en cuanto a la operación del circuito de Moly. Hubo varias discrepancias para uniformizar ideas y criterios operacionales, lo cual después de varios años se está logrando concretar.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Conclusiones.

En el trabajo realizado respecto mi experiencia profesional intitulado “*Reducción del consumo de NaSH en el circuito de molibdeno de la planta concentradora las bambas*” se llegaron a las siguientes conclusiones:

A mayor tonelaje menor consumo de NaSH. Celdas Rougher más estables. El consumo se logró bajar hasta 3.8 Kg/t, siendo el KPI 6.6 Kg/t.

En cuanto a las pruebas de golpe de ácido se puede evidenciar que para el circuito Rougher el pH de trabajo debe estar entre 8 – 9, en este rango de pH se logra una buena recuperación y una menor activación de contaminantes.

En la primera limpieza el pH de operación debe estar entre 8.5 – 9, en este rango se logra una mayor estabilidad en las espumas, se tiene una mejor evacuación de espumas, y el ratio de enriquecimiento es de 3 a 4 veces el grado de la Rougher.

A pH inferiores a 7 el consumo de NaSH se eleva a 21.69 kg/t. A pH mayores a 11 el ion sulfhidrato pierde su capacidad de disolver los colectores y hace que los contaminantes se activen y por ende cae la recuperación y el grado.

Al realizar las pruebas con diferentes concentraciones de NaSH entre 10%, 20%, 30%, se puede observar que a mayor concentración se tiene un menor consumo de NaSH, y una menor activación de contaminantes.

Al realizar la prueba con una dilución (10%) el consumo de NaSH sube y se activan los contaminantes como el Cu, Fe.

A la fecha en el circuito de Moly de las Bambas se ha decidido trabajar con una concentración de NaSH de 30%, por las pruebas realizadas. Y los buenos resultados obtenidos.

Con las pruebas realizadas se logró reducir en promedio 1 Kg/t, de NaSH. Siendo el costo del NaSH, puesto en el Site de \$1.1 el Kg. Si multiplicamos por los 66,000.00 TMS tratadas al mes, o por los 792,000.00 TMS anuales, el ahorro que se tiene es de \$871,000.00 ó S/ 3,310,560.00.

## **2.2. Recomendaciones.**

La recomendación que se tiene sobre “Reducción del consumo de NaSH en el circuito de molibdeno de la planta concentradora las bombas” son las siguientes:

Es necesario tener en cuenta los controles de los parámetros de operación para tener una calidad y recuperación del concentrado de molibdenita y concentrado de cobre.

Para un control de desplazamiento de las impurezas en es necesario un control de pH y la dosificación de los reactivos que controlan tanto la oxidación para no afectar la hidrolisis y no tiene efecto sobre las impurezas.

Es necesario el control de los reactivos que generen gases que contamine por lo que necesario una adecuada dosificación y los equipos para ser evacuados a la torre donde se trate los gases.

## CAPITULO III

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### 3.1. Referencias bibliográficas.

911Metallurgist. (2018, julio 19). Procesamiento de Molibdeno por Flotación. *Foro por Metallurgista de 911Metallurgist.*

<https://www.911metallurgist.com/metalurgia/procesamiento-molibdeno-flotacion/>

Bulatovic, S. (2007). *Handbook of Flotation Reagents Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulfide Ores.* 448.

Cytec. (2002). *Ining chemicals hand book.* [https://www.studmed.ru/view/day-a-mining-chemicals-hand-book\\_8e134844bd5.html](https://www.studmed.ru/view/day-a-mining-chemicals-hand-book_8e134844bd5.html)

Danafloat. (2023). *Minerales de Cobre-Molibdeno.* [https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/copper\\_molybdenum](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/copper_molybdenum)

Empiricaconsultores. (2021). *Insumos críticos Consumo de Sulfhidrato de Sodio en Flotación Selectiva de Molibdenita – Empirica.* <https://empiricaconsultores.cl/topico-3c-insumos-criticos-consumo-de-sulfhidrato-de-sodio-en-flotacion-selectiva-de-molibdenita/>

Fuerstenau, M. C., & Han, K. N. (2003). *Principles of Mineral Processing.* SME.

Ladrón de Guevara Martínez, R. A. (2016). *Análisis estadístico y experimental de parámetros involucrados en la flotación selectiva de molibdeno en minera los pelambres.* <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140574/Analisis-estadistico-y-experimental-de-parametros-invoclucrados-en-la-flotacion-selectiva-de-molibdeno-en-Minera-los-Pelambres.pdf?sequence=4>

Las bambas. (2022). *Resultados de producción del segundo trimestre de 2022.* MMG. <https://www.lasbambas.com/notas-de-prensa/resultados-de-produccion-del-segundo-trimestre-de-2022>

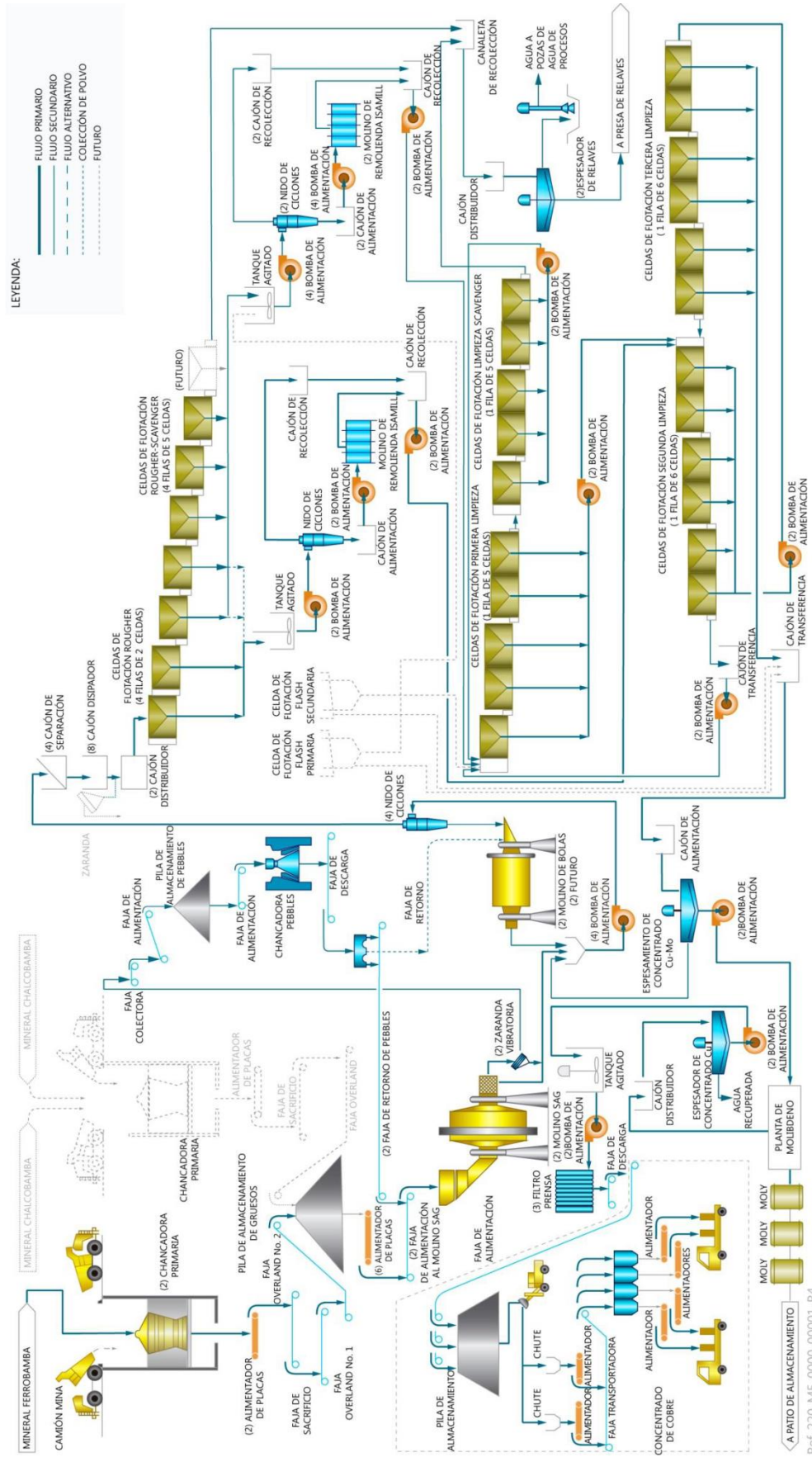
- Manríquez Contreras, G. A. (2019). *Uso de depresantes alternativos para la flotación selectiva de molibdeno CODELCO división Andina* [Universidad de Concepción]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/398/1/Tesis\_Uso\_de\_depresantes\_alternativos.Image.Marked.pdf
- Merino Valenzuela, P. F. (2019). *Flotación de cobre soluble en planta concentradora, División Salvador-CODELCO*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/336>
- Quiroz Núñez, I. R. (2019). Flotación de molibdenita a partir de concentrados de cobre. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2354497>
- Solano-Reynoso, W. M., Villavicencio-Chávez, M. A., & Vela-Marroquín, A. R. (2019). Evaluación de un procedimiento para la reducción del uso de NaSH en la separación de la molibdenita utilizando gas de nitrógeno. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), 0-0. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.022>
- universidadperu. (2012). *Minera las Bambas S.A.* UniversidadPeru. <https://www.universidadperu.com/empresas/xstrata-las-bambas.php>
- Verdejo Trejo, T. (2007). *Aumento de recuperación y disminución consumo de NaSH via pesta en operación analizador de leyes y sensores de potencial de oxido—Reducción* [Pontificia Universidad Católica de Valparaíso]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://opac.pucv.cl/pucv\_txt/txt-3000/UCI3306\_01.pdf
- Villalta Bolomer, V. P. (2022). *Análisis de la optimización de los parámetros y factores que afectan la flotación de la molibdenita en la planta de molibdeno en la concentradora Cuajone*. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/15492>





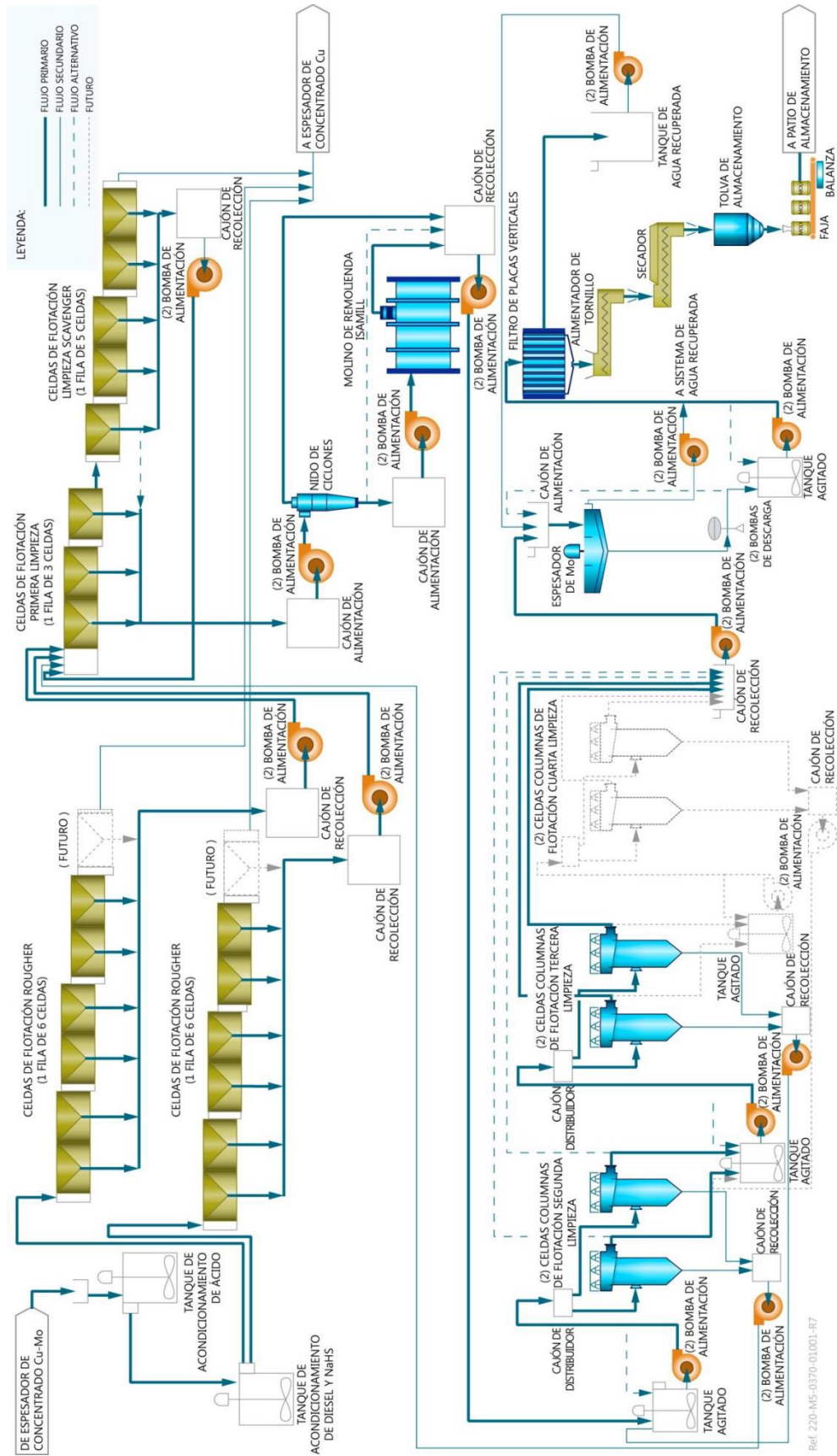
## **ANEXOS**

# Diagrama de Flujo de Cu - Mo



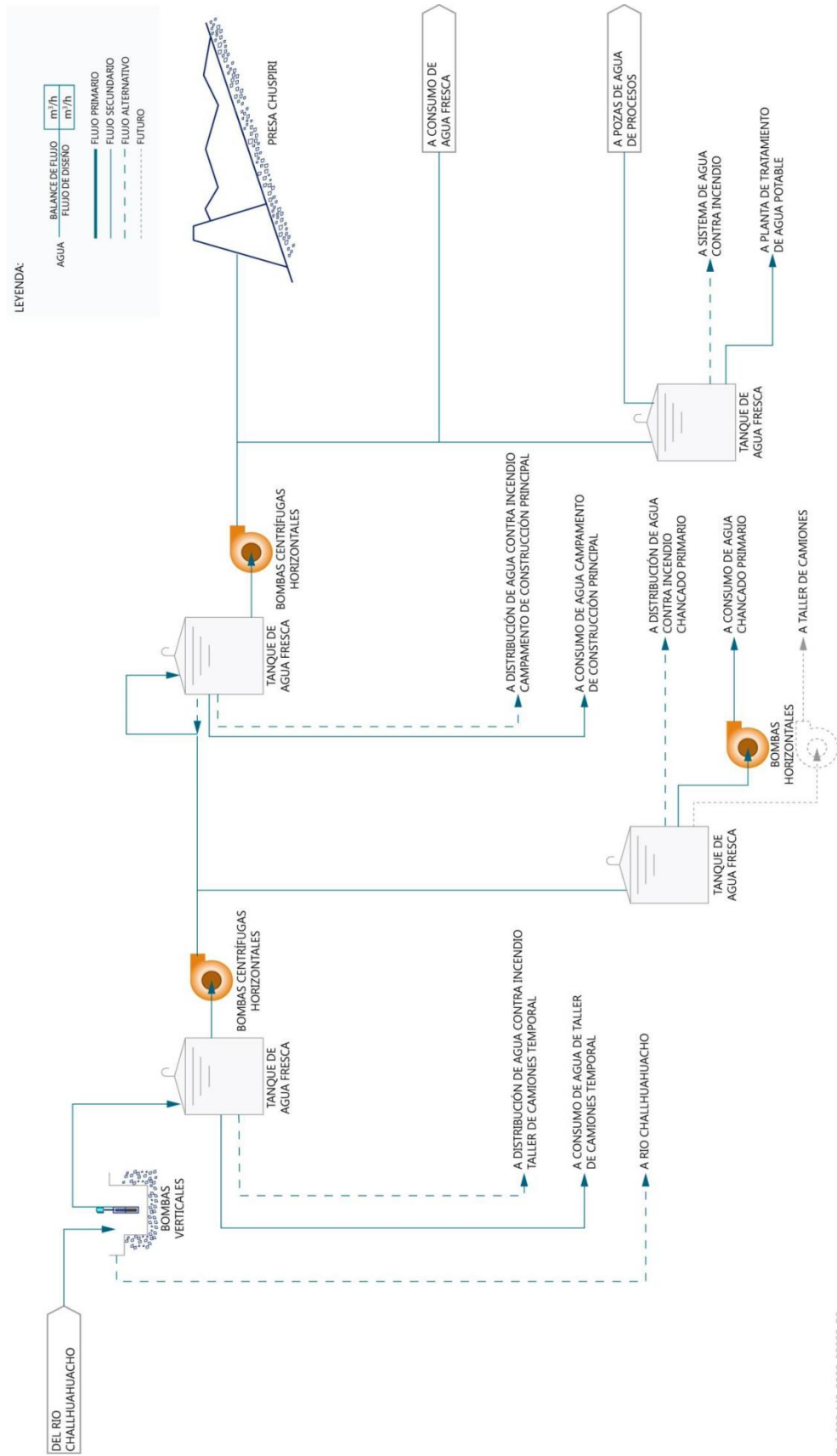
Ref. 220-M5-0000-00001-R4

Diagrama de flujos de molibdeno



Ref: 220-M5-0370-01001-87

## Diagrama de Flujo de agua fresca



Ref. 220-M5-0000-00003-R3