



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO EN AGUA DE MINA Y
AGUA DE PROCESO EN LA ETAPA DE FLOTACIÓN DE
CASITERITA EN U.M. SAN RAFAEL

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELMER PEDRO MAMANI CATACORA

Bach. HELIO MIGUEL GUTIERREZ CUTIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada ante todo a mis padres; Justo Mamani Llano y Victoria Catacora Llanos, a mi hijo Joaquin Alexander Jimenez Mamani, a mi esposa Rocio Mamani Silva, porque gracias a ellos tuve la fuerza de continuar estudiando a pesar de las dificultades que existieron en mi camino. Agradezco a ellos por apóyame siempre para así finalizar mis estudios en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Elmer Pedro Mamani Catacora



Esta tesis está dedicada ante todo a mis padres; Leonidas Lucio Gutierrez Huanco y Saturnina Cutipa Pacori, a mi hija Angie Briyith Gutierrez Manzano, porque gracias a ellos tuve la fuerza de continuar estudiando a pesar de las dificultades que existieron en mi camino. Agradezco a ellos por apóyame siempre para así finalizar mis estudios en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Helio Miguel Gutierrez Cutipa



AGRADECIMIENTOS

- A Dios por brindarme fuerzas y el valor para llegar a finalizar esta etapa de mi vida.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, a mi facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, a mi escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica, que fue nuestra alma mater quien nos brindó la formación profesional.
- A nuestros docentes de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica, por las enseñanzas, apoyo, experiencias, consejos y los conocimientos que nos brindaron en el proceso de mi formación universitaria.
- A mis padres por el su apoyo incondicional, que durante todo el proceso me brindaron su amor y confianza, celebrando mis triunfos y corrigiendo mis faltas.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 Problema general.....	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1 Hipótesis general	19
1.3.2 Hipótesis específicas	19
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	19
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivos específicos	20



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES	22
2.2	MARCO REFERENCIAL DEL PROCESO PRODUCTIVO	
	MINSUR. S.A.	25
2.2.1	Geología.....	25
2.2.2	Ingeniería y planeamiento	25
2.2.3	Operaciones mineras.....	25
2.2.4	Planta concentradora	26
2.3	MARCO CONCEPTUAL	28
2.3.1	Flotación de minerales	28
2.3.2	Factores físicos y químicos en la flotación de minerales.....	28
2.3.3	Reactivos de flotación.....	28
2.3.4	Espumantes	29
2.3.5	Espumantes parcialmente solubles	30
2.3.6	Espumantes solubles	30
2.3.7	Reguladores – activadores.....	31
2.3.8	Depresores.....	31
2.3.9	Modificadores o reguladores de pH.....	31
2.3.10	Teoría de la flotación.....	32
2.3.11	Flotación de minerales oxidados	33
2.3.12	Cinética de flotación.....	33
2.3.13	Variables de la flotación mineral	33
2.3.14	Celda de flotación	35
2.3.15	Carbón activado	35



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	METODOLOGÍA	37
3.1.1	Método y diseño de la investigación.....	37
3.2	Población y muestra.....	38
3.2.1	Población	38
3.2.2	Muestra	38
3.2.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.2.4	Análisis y procedimientos de datos	39
3.2.5	Formulas metalúrgicas	40
3.3	MATERIALES	40
3.3.1	Personal.....	40
3.3.2	Equipos de protección personal	41
3.3.3	Equipo / herramienta / materiales de trabajo	41
3.4	PROCEDIMIENTO.....	42
3.4.1	Identificación de los puntos a muestrear.....	42
3.4.2	Colocación de baldes de 4, 8 o 20 Litros en cada punto de muestreo	42
3.4.3	Verificación del punto de muestreo óptimo	43
3.4.4	Selección del cortador manual adecuado para, realizar la toma de muestra	43
3.4.5	Estabilización del circuito.....	43
3.4.6	Tiempo de muestreo	43
3.4.7	Vertimiento de la muestra del cortador al depósito	43
3.4.8	Medición de la densidad (Según requerimiento)	43



3.4.9	Traslado de los depósitos de muestra a laboratorio metalúrgico.....	44
3.4.10	Preparación de muestra para Ley de Estaño.....	44
3.4.11	Verificación de la instalación eléctrica	44
3.4.12	Determinación de parámetros de flotación	44
3.4.13	Limpieza del rotor y estator	45
3.4.14	Regulación de los RPM	45
3.4.15	Preparación de reactivos	45
3.4.16	Ajuste del nivel de pulpa.....	46
3.4.17	Regular pH.....	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	PRUEBA N° 1 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE INTERIOR MINA, SIN ADICIONAR CARBÓN ACTIVADO	51
4.2	PRUEBA N° 2 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE INTERIOR MINA, ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO.....	54
4.3	PRUEBA N° 3 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE PROCESO SIN ADICIONAR CARBÓN ACTIVADO	57
4.4	PRUEBA N° 4 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE PROCESO ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO.....	60
4.5	COMPARACIÓN DE LAS PRUEBAS EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN DE CASITERITA	63
4.5.1	Etapa Rougher y Scavenger recuperación.....	64
4.5.2	Etapa Cleaner I primera limpieza recuperación.....	65
4.5.3	Etapa Cleaner II segunda limpieza % de recuperación	66
4.5.4	Etapa Cleaner II segunda limpieza del % de recuperación.....	68



4.6	EVALUACION DE LA FLOTACIÓN CICLICA DE LA CASITERITA POR ETAPAS ENTRE LA CALIDAD VERSUS RECUPERACIÓN	69
4.6.1	Etapa Rougher y Scavenger calidad.....	69
4.6.2	Etapa Cleaner I primera limpieza	70
4.6.3	Etapa cleaner II segunda limpieza calidad	72
4.6.4	Etapa Cleaner III segunda limpieza calidad.....	73
4.7	ANÁLISIS DE LA PRUEBA ÓPTIMA USANDO AGUA DE PROCESO ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO.....	75
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
	ANEXOS.....	82



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo del minado.....	26
Figura 2. Proceso de producción.....	27
Figura 3. Diagrama de proceso de Rougher y Scavenger	49
Figura 4. Diagrama de flujo de la etapa Cleaner.....	50
Figura 5. Balance metalúrgico número 1 evaluación de agua de interior mina sin carbón activado	52
Figura 6. Balance metalúrgico numero 2 evaluación de agua de interior mina con carbón activado	55
Figura 7. Balance metalúrgico numero 3 evaluación de agua de proceso sin carbón activado.....	59
Figura 8. Balance metalúrgico numero 4 evaluación de agua de proceso con carbón activado.....	62
Figura 9. % de recuperación de estaño flotación Rougher- Scavenger	64
Figura 10. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 1	65
Figura 11. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 2.....	66
Figura 12. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 3.....	68
Figura 13. Calidad y recuperación etapa Rougher	69
Figura 14. Calidad y recuperación etapa Cleaner 1	70
Figura 15. Calidad y recuperación etapa Cleaner 2	72
Figura 16. Calidad y recuperación etapa Cleaner 3	73
Figura 17. Prueba óptima número 4 con agua de proceso adicionando carbón activado.....	75



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los reactivos de flotación de acuerdo con su fundición	32
Tabla 2. Variables e indicadores.....	38
Tabla 3. Variables de la flotación cíclica	47
Tabla 4. Etapas de la Flotación cíclica	48
Tabla 5. Balance metalúrgico número 1	51
Tabla 6. Balance Metalúrgico número 2.....	54
Tabla 7. Balance Metalúrgico número 3.....	57
Tabla 8. Balance Metalúrgico número 4.....	61
Tabla 9. Evaluación de las pruebas de flotación	64



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MIBC	: Methyl Isobutyl Carbinol
Ap-845	: Aero Promoter 845.
Z-11	: Xantato Isopropilico de Sodio
MSDS	: Material Safety Data Sheet
%H	: Porcentaje de humedad
G.E.	: Gravedad especifica
RPM	: Revoluciones por minuto
Dp	: Densidad de la pulpa
TMS	: Toneladas métricas secas
U/F	: Underflow (flujo por debajo)
TMSD	: Toneladas métricas secas día
TM	: Toneladas métricas
O/F	: Overflow (flujo por encima)
PSI	: Pounds-force per square
pH	: Potencial de Hidrógeno.
R.P.M	: Revoluciones por Minuto.
TMH/h	: Toneladas métricas húmeda por hora
μm	: Micrómetro



Wi : Work index (índice de trabajo)

Kw-h/TM : Kilowatts por tonelada métrica



RESUMEN

En los últimos años, la empresa MINSUR ha establecido una línea de flotación; sin embargo, esto no es suficiente, ya que es posible implementar y evaluar la posibilidad de un nuevo esquema, reemplazando el uso de aguas utilizados en el proceso de flotación de la casiterita; en tal razón nos hemos propuesto realizar el presente trabajo de investigación cuyo objetivo es determinar la influencia del carbón activado en agua de mina y agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita en U.M. San Rafael, para lo cual se realizaron cuatro pruebas metalúrgicas de flotación cíclica, primero se floto con agua de interior mina sin adicionar carbón activado, en donde se obtuvo una recuperación de 29.43% con una ley o calidad de 18.75% de estaño, como segunda prueba se flotó utilizando agua de interior mina adicionando carbón activado al ciclo de limpieza de concentrados teniendo como resultado una recuperación de 29.94% con una ley o calidad de 21.08% de estaño, luego se flotó con agua de proceso actual o agua recirculada sin adicionar carbón activado en la cual se obtuvo una recuperación de 29.94% con una ley o calidad de 21.08% de estaño, finalmente se flotó con agua de proceso o agua recirculada adicionando carbón activado al ciclo de limpieza de concentrados teniendo como resultado una recuperación 38.70% con una ley o calidad de 23.93% de estaño. La conclusión a la que se llegó es que el agua de proceso es óptima para flotar la casiterita, dosificando 60 gramos de carbón activado pulverizado en la primera limpieza de casiterita, donde la recuperación es de 38.70% de estaño, lográndose maximizar la calidad del concentrado de estaño a 23.93%, calidad que es aceptable para la comercialización del concentrado de estaño fino en la unidad minera San Rafael.

Palabras clave: Agua, casiterita, cíclica, concentrado y flotación.



ABSTRACT

In recent years, the MINSUR company has established a flotation line; however, this is not enough, since it is possible to implement and evaluate the possibility of a new scheme, replacing the use of water used in the cassiterite flotation process; For this reason, we have proposed to carry out this research work whose objective is to determine the influence of activated carbon in mine water and process water in the cassiterite flotation stage in U.M. San Rafael, for which four cyclic flotation metallurgical tests were carried out, first it was floated with water from inside the mine without adding activated carbon, where a recovery of 29.43% was obtained with a law or quality of 18.75% tin, as a second The test was floated using water from inside the mine adding activated carbon to the concentrate cleaning cycle, resulting in a recovery of 29.94% with a grade or quality of 21.08% of tin, then it was floated with current process water or recirculated water without adding carbon activated in which a recovery of 29.94% was obtained with a law or quality of 21.08% of tin, finally it was floated with process water or recirculated water adding activated carbon to the cleaning cycle of concentrates resulting in a recovery of 38.70% with a law or quality of 23.93% tin. The conclusion reached is that the process water is optimal to float the cassiterite, dosing 60 grams of pulverized activated carbon in the first cassiterite cleaning, where the recovery is 38.70% of tin, thus maximizing the quality of the concentrate. of tin at 23.93%, a quality that is acceptable for the commercialization of the fine tin concentrate in the San Rafael mining unit.

Keywords: Water, cassiterite, cyclical, concentrated and flotation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El proceso de flotación hoy en día se ha convertido en uno de los pilares para el tratamiento de los minerales, en este proceso no es necesario tener leyes altas trabaja perfectamente con leyes bajas con un excelente manejo de parámetros operacionales y dosificación de reactivos según la mineralización del mineral tratado.

A lo largo de los años se ha realizado diferentes investigaciones, donde se define metalúrgicamente que la flotación es un proceso de separación de minerales, con una buena liberación generado por la molienda convirtiendo en mineral acuoso o pulpa, dosificando los modificadores, colectores y espumantes y entre otros reactivos generan que se active sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas de cada mena o material valioso

Hace más de 10 años atrás en la planta San Rafael el mineral tratado tenía leyes de cabeza un promedio entre 3.72 a 4.83% de Sn, y la cabeza general del azufre oscilaba entre 0.16 a 0.34%, las leyes de flotación también eran de 0.76 a 1.07% de Sn. Que se alimentaba el circuito de flotación casiterita obteniendo concentrados con una ley promedio de 52.00 a 57.08% Sn y el contaminante 0.05 a 0.21% S. pero hace 5 años atrás la realidad fue cambiando drásticamente la mineralización fue variando teniendo como ley de alimento un promedio de 1.60 a 2.60 % Sn con leyes de azufre 0.55 a 1.86% S, siendo alimento a la etapa de flotación con una ley de 0.22 a 0.36% Sn, realizando el respectivo tratamiento se obtiene concentrado de flotación con una ley de 25 a 30% Sn con 2.85 a 5.51% S es por ello la problemática del tratamiento de óxido de casiterita en la planta San Rafael y el ímpetu del equipo metalúrgico en buscar nuevas alternativas de



flotación modificar parámetros de flotación estudiar nuevos reactivos que ayuden a disminuir el azufre en los concentrados de estaño.

El circuito de flotación en la planta San Rafael está distribuido en tres etapas como etapa rougher que implica realizar la máxima recuperación del estaño, se tiene la etapa cleaner en este ciclo se realiza la limpieza del concentrado de estaño, tenemos la etapa final cleaner aquí haces el desbaste total de la pulpa y así continua el circuito cerrado. El objetivo de esta investigación es buscar nuevas alternativas de flotación para la limpieza del concentrado, se realiza un muestreo en el alimento acondicionador 12x12A, llamado composito semanal, la muestra es llevado al laboratorio metalúrgico, se realiza el tratamiento de acuerdo al procedimiento de flotación, en donde se fraccionó la muestra en partes iguales y cuenta cada prueba de flotación con las mismas cantidades y condiciones físicas y mineralógicas.

El agua de que se utiliza en la flotación es agua recirculada, es este proyecto se evaluó el agua de interior mina adicionando carbón activado en la etapa de limpieza para verificar con es la influencia del carbón activado en la flotación de casiterita, para determinar el comportamiento del carbón activado, se analizó el agua de proceso dosificando carbón activado; en el capítulo IV se detalla el proceso de las pruebas metalúrgicas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta concentradora San Rafael de la empresa Minsur viene tratando concentrado de casiterita hace más de 20 años en donde se tuvo leyes de cabeza de 3.72% a 4.82% de casiterita, a hace cinco años atras se viene reflejando ley de cabeza de 1.6% a 2.60% promedio en la mineralización de los tajos, hay mayormente presencia de minerales sulfurados, y la ley de azufre se ha incrementado de 0.60% a 1.80% promedio,



es por la problemática de la minimización de la ley de cabeza de casiterita e incremento del azufre se realizó la investigación con el objetivo de disminuir el azufre en los concentrados de flotación casiterita y mantener los estándares de calidad. Para tal se generó diversas pruebas metalúrgicas realizando evaluaciones de la sección de flotación para determinar la viabilidad de nuevos métodos de limpieza de casiterita y evaluando el cambio del agua de proceso habitual por agua de interior mina e incrementando la dosificación de carbón activado en la limpieza de concentrados de casiterita para optimizar el concentrado de estaño.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Determinando la influencia del carbón activado en agua de mina y agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita mejorara la calidad del concentrado de estaño en U.M. San Rafael?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Realizando la prueba de flotación con agua de interior mina, sin adicionar carbón activado, mejorará la calidad del concentrado de estaño en U.M. San Rafael?
- ¿Realizando la prueba de flotación con agua de interior mina adicionando carbón activado, mejorará la calidad del concentrado de estaño en U.M. San Rafael?
- ¿Realizando la prueba de flotación con agua de proceso sin adicionar carbón activado, mejorará la calidad del concentrado de estaño en U.M. San Rafael?
- ¿Realizando la prueba de flotación con agua de proceso adicionando carbón activado, mejorará la calidad del concentrado de estaño en U.M. San Rafael?



1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

Determinando la influencia del carbón activado en agua de mina y agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita en U.M. San Rafael, se mejorará el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.

1.3.2 Hipótesis específicas

- Realizando pruebas de flotación con agua de interior mina, sin adicionar carbón activado, se mejorará el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.
- Realizando pruebas de flotación con agua de interior mina adicionando carbón activado, se mejorará el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.
- Realizando pruebas de flotación con agua de proceso sin adicionar carbón activado, se mejorará el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.
- Realizando pruebas de flotación con agua de proceso adicionando carbón activado, se mejorará el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La evaluación del agua recirculada y agua de mina y la evaluación del carbón activado para la limpieza de concentrado de casiterita, se realizó en el laboratorio metalúrgico para poder maximizar la ley de los concentrados de casiterita en la U.M. San Rafael. Se preparó y desarrollo el siguiente programa escalonado típico de pruebas metalúrgicas, es por ello que se presenta el proyecto, influencia del carbón activado en agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita UM San Rafael.



Esta permitirá contribuir con la metalurgia peruana en la mejora de los procesos de flotación. Realizando la comparación entre agua recirculada y agua de interior mina analizando el comportamiento de carbón activado en la limpieza del concentrado de estaño, para poder evaluar el incremento del concentrado en la etapa cleaner de la flotación de casiterita. Es por ello que se realiza una investigación para evaluar las variables de flotación. Tomando acciones de control se realizará un control operacional del alimento a la etapa de flotación de casiterita, de tal forma se realizará un muestreo, para hacer pruebas metalúrgicas y determinar las variables optimas de la flotación y así optimizar la eficiencia de recuperación de la flotación y maximizar el concentrado de casiterita.

El procesamiento de datos será informático a nivel de comparativo explicativo y se empleará el paquete estadístico del MICRO SOFT EXCEL el cual permitirá conocer las curvas de recuperación. En cuanto a los indicadores se utilizarán tablas, graficas de barras, dispersión entre otros para detallar los resultados obtenidos.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

Determinar la influencia del carbón activado en agua de mina y agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita en U.M. San Rafael

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar pruebas de flotación con agua de interior mina, sin adicionar carbón activado para mejorar el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.
- Realizar pruebas de flotación con agua de interior mina adicionando carbón activado para mejorar el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.



- Realizar pruebas de flotación con agua de proceso sin adicionar carbón activado para mejorar el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.
- Realizar pruebas de flotación con agua de proceso adicionando carbón activado para mejorar el concentrado de estaño en U.M. San Rafael.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Herpanucca y Quispe (2022) en su trabajo de investigación “Evaluación metalúrgica en el circuito de flotación de Estaño fino en la unidad minera San Rafael” caracterizaron los elementos minerales que se encuentran asociados y que forman parte de los minerales que se tratan en planta, permitiendo identificar la composición del tipo de mineral existente con predominio de Casiterita, en presencia de diferentes impurezas. En donde llegaron a la conclusión de que el estaño obtenido por proceso de flotación es positivo a partir del tratamiento con reactivos, permitiendo recuperar estaño fino, la medición con los reactivos Silicato de Sodio y Fluorsilicato de Sodio y el Colector AP-845 son más precisas y eficientes que los reactivos: Z-11, AP-845 y el MIBC puro.

Quispe (2019) en su tesis de investigación: Estudio del tratamiento y análisis en laboratorio de minerales de casiterita; en sus pruebas realizadas en laboratorio observó que con las variables y reactivos utilizados se alcanzó buenas recuperaciones mediante flotación. La variación en la replicación central se debió a diferentes controles de dosis y velocidad en las celdas de flotación de Denver.

Mediante la realización de pruebas de flotación experimental, recuperación 70%, ley Sn 22%, pH 2.5, colector aerosol 22, agente espumante MIBC (metilisobutilcarbinol), dispersante silicato de sodio 1% y ajustador de pH de ácido sulfúrico industrial. Se descontaminó una ley de 87.40% de concentrado de estaño en concentrado de flotación de Casiterita.



Apaza (2018) en su proyecto llegó a las siguientes conclusiones: Las propiedades de flotación de la Casiterita serán determinadas por la cantidad de hierro, tantalio y wolframio presentes, como es el caso de la presencia simultánea de Ta y Fe ó W y Fe, suprimen su flotabilidad. Contrariamente, impurezas que suprimen su flotabilidad, como Nb, W, Ta, tienen un efecto favorable en su flotabilidad. En consecuencia, las propiedades de flotación de la Casiterita serán determinadas por la cantidad de hierro, tantalio y wolframio presentes.

Las pruebas experimentales de flotación han determinado el tipo de colector y las condiciones de operación de la planta y han mostrado recuperaciones de hasta el 70 % al 22 % de Sn utilizando Aerosol 22 o Aeropromoter 845 en medios ácidos a pH constante de 2,5. Obtenido como propulsor MIBC (metil isobutil carbinol), dispersante de silicato de sodio, ajustador de pH de ácido sulfúrico. Las leyes de los concentrados de estaño fabricados se basan en la eliminación adecuada de los elementos contaminantes (impurezas). Por lo tanto, es necesario lavar a fondo la casiterita antes de la flotación.

Salcedo (2015) en su trabajo para mejorar la recuperación de estaño por contra flotación de sulfuros en la planta piloto Bofedal 11 en San Rafael MINSUR S.A. llegó a las siguientes conclusiones:

Mejóro la calidad del concentrado final (promedio 52.34% Sn) y mejoró la recuperación de estaño de los relaves aplicando flotación inversa (95.55-99.45%). Utilizando un pH con una fuerte tendencia hacia la neutralidad (6.19) mejoró la retroflotación del sulfuro. También observó un impacto del contenido de sólidos (30.41% sol.), que también ayudó en la contraflotación de sulfuros cuando el tamaño de partícula tiende a ser más fino, lo que también a partir de pruebas adicionales reveló que la dosificación de Xantato Z-11 a mayor sulfuros (2ml), encontró un aumento en la



concentración de sulfuro, lo que mejoró la refinación del concentrado de estaño final y finalmente confirmó una reducción de las impurezas. Finalmente logró reducir el azufre a 0,76 % como promedio en el concentrado final con un contenido de cabeza de 4,77-5,93% presente en el concentrado final.

Vila (2011) en su tesis considera que en la actualidad el proceso de flotación en el beneficio de minerales, es considerada la técnica más importante de separación de minerales, se trata de una de las aplicaciones más complejas de la física química de superficies.

Al aplicar esta tecnología, un desafío metalúrgico, especialmente en el proceso de concentración por flotación, es identificar y reconocer los mecanismos y variables del proceso de flotación, que influyan particularmente en la mejora y logro de los resultados esperados para conocer el significado.

El control del pH es uno de los métodos más utilizados para regular la flotación de minerales. Este estudio describe el efecto del pH sobre el potencial en solución y la flotación de minerales sulfurados por diferentes electrodos. Los electrodos fueron de platino, oro, calcopirita, pirita y galena. En solución, el potencial dependía linealmente del pH con una pendiente diferente para cada electrodo. Las pruebas de flotación de minerales para calcopirita, pirita, esfalerita y galena se realizaron en celdas de microflotación. Se usó xantato como eliminador y se probó la longitud de su cadena de carbono a varios valores de pH. Como era de esperar, el pH tiene un gran efecto sobre la flotación y la pulpa. Se prestó especial atención al efecto del pH sobre la flotación de los sulfuros investigados en potenciales de pulpa relevantes.



2.2 MARCO REFERENCIAL DEL PROCESO PRODUCTIVO MINSUR. S.A.

2.2.1 Geología

El proceso general de la unidad minera San Rafael se inicia en el área de geología. Es el área encargada de estimar los recursos de la unidad y de realizar las actividades de mapeo, muestreo en superficie e interior mina, así como dirigir los proyectos de exploración (brownfield, greenfield) a fin de garantizar los recursos para la vida de la mina. Una vez realizados los sondajes o muestreos se procede a determinar las leyes mediante análisis de la mineralogía, todo bajo procedimientos de respaldo y aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC) certificados y corroborados por un profesional competente (QP). Esta información es derivada al área de ingeniería y planeamiento.

2.2.2 Ingeniería y planeamiento

El área de ingeniería y planeamiento emplea la información recabada de geología para la estimación de reservas probables y probadas, donde se consideran criterios de ingeniería, económicos, sociales, ambientales, políticos, todos aquellos que impacten de manera positiva o negativa la operatividad de San Rafael. En tal sentido se realiza el plan a corto, largo plazo con las secuencias de explotación de tajos considerando el mayor provecho económico de las reservas.

2.2.3 Operaciones mineras

A partir de los subniveles se preparan bancos de 12 a 20 metros de altura que conformarán los tajos para explotación. Por cada 3 o 4 subniveles se preparan niveles de extracción con el desarrollo de galerías paralelas a la estructura mineralizada.

En el minado se aplica el método de explotación “Sub Level Stoping” con la variante Large Blast Hole (LBH) para este tipo de yacimiento de roca encajonante dura y competente.

Figura 1. Ciclo del minado



Fuente: Mina San Rafael.

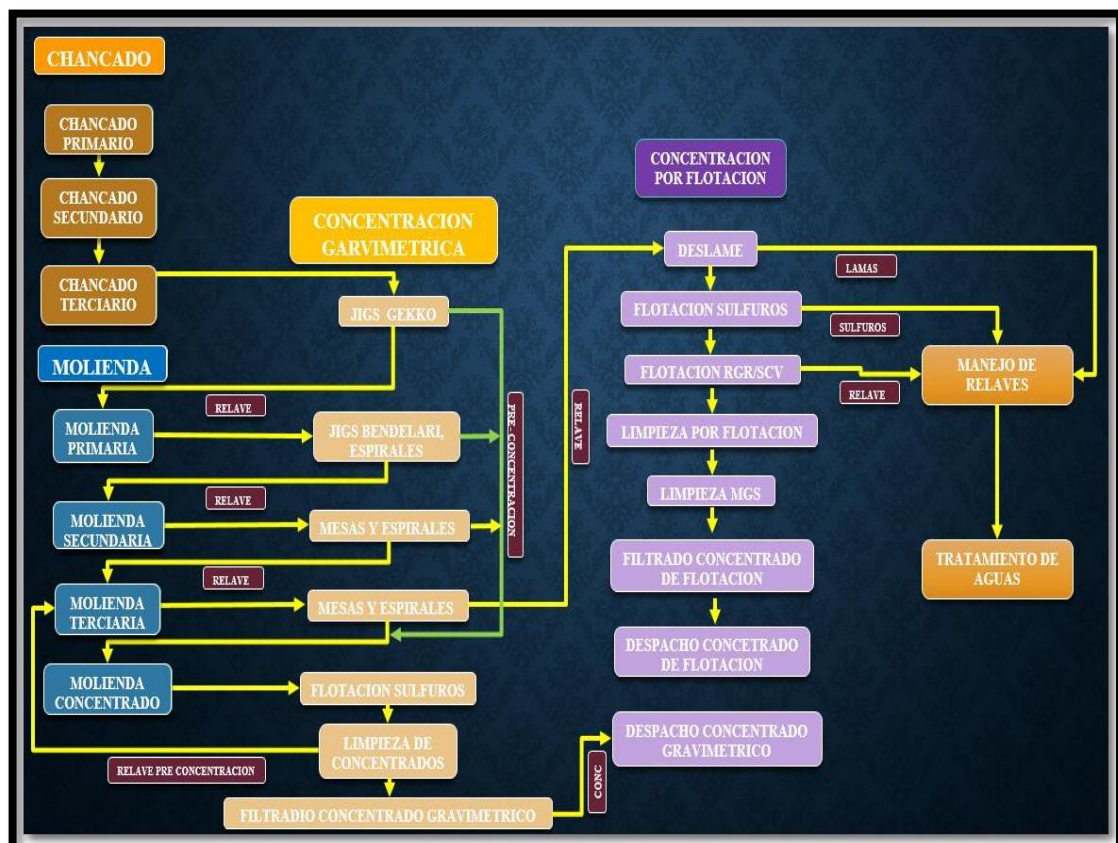
2.2.4 Planta concentradora

El mineral extraído de la mina pasa por un proceso de conminución, que se entiende como la reducción del mineral fragmentado con la finalidad de separar el mineral valioso de la ganga. Los procesos iniciales a los que se somete la casiterita y otros minerales extraídos de San Rafael son el chancado primario (quijadas), chancado secundario (cónica) y chancado terciario con chancadora Symons Short Head.

El mineral chancado es derivado a concentración gravimétrica en Jigs Gekko y Bendelari, donde se recupera el 46.06 % del estaño contenido. El material remanente es molido a un grado de mayor finura, tratado en mesas concentradoras y remolido a malla.

Los concentrados provenientes de los Jigs son remolidos y se someten a flotación de sulfuros y a circuitos de limpieza y re limpieza en los espirales MG2 y Jigs dúplex, elevando las leyes a un 63% Sn. Luego de que los concentrados gravimétricos y de flotación directa son filtrados por los filtros de banda Delkor y de prensa Eimco, se almacenan por separado y se envasan en sacos de 1,250 a 1,500 kg, formando lotes de 30 toneladas. El material remanente del proceso es dirigido al espesador en el que se separa el agua del relave. El agua es tratada y clarificada para su reutilización. El relave va hacia la relavera o al interior de la mina donde se mezcla con cemento para su uso como relleno en pasta, lo que permite estabilizar el macizo rocoso

Figura 2. Proceso de producción





2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Flotación de minerales

Es un proceso fisicoquímico que ajusta la tensión superficial para separar los metales de interés de otros minerales metálicos o no metálicos, como los que componen la mayor parte del lecho rocoso, como la sílice. en el proceso de la flotación, las burbujas de aire se adhieren a la superficie del mineral en una granulometría de 74 micrones ya tratado en la molienda, el mineral en las burbujas emerge en la celda de flotación, logrando la separación del metal valioso de la ganga mineral. La adhesión entre los minerales y las burbujas de aire depende de las propiedades hidrofílicas (afinidad por el agua) y aerófilicas (afinidad por el aire) del mineral (Santhiya *et al.*, 2001).

2.3.2 Factores físicos y químicos en la flotación de minerales

Los principios químicos son aquellos relacionados con la composición química que existen en los procesos de flotación: sólido, líquido y gaseoso. La química incluye reactivos de flotación, como son colectores, inhibidores, agentes espumantes, activadores y reguladores de pH, que se utilizan en el sistema además de los productos químicos minerales. Los factores físicos son la flotación de la celda y los componentes operativos, la tasa de carga de reactivos químicos, la mineralogía y el tamaño de las partículas (Huerta *et al.*, 2003).

2.3.3 Reactivos de flotación

2.3.3.1 Colectores

La mayoría de los minerales son hidrofílicos este es el impedimento para su separación en el proceso de flotación, para poder separar la mena de la ganga su superficie se debe de realizar la transformación de forma selectiva en hidrofóbica. Esto se logra



dosificando reactivos colectores que transformen la superficie del mineral en hidrófoba o simplemente se unen al mineral por su polaridad dejando su parte apolar para que se peguen a las burbujas de aire (Shean y Cilliers, 2011; Dianzuo, 2015). Hay diferentes tipos de colectores que se pueden utilizar en un sistema de flotación.

2.3.3.2 Colectores aniónicos

Estos colectores se disocian de manera que sus radicales con el grupo polar forman un anión, dejando en proceso de solución un catión que podría ser sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{+2}) o hidrógeno (Shean y Cilliers, 2011; Dianzuo, 2015).

2.3.3.3 Colectores catiónicos

Son colectores derivados del amoníaco, con los hidrógenos suplidos por radicales (Shean y Cilliers, 2011; Dianzuo, 2015).

2.3.4 Espumantes

La tensión superficial de un líquido sufre una modificación con los espumantes. Su principal objetivo es producir burbujas estables que la fuerza del aire de agitación que genera turbulencia en la celda no se rompa, de modo que se adhieran al mineral deseado, formen espumas y lo separen de las impurezas.

En la industria de la flotación La mayoría de los espumantes utilizados contienen alcoholes como metil isobutilcarbinol (MIBC), aceite de pino, propilenglicol, polipropilenglicol y otros reactivos (Shean y Cilliers, 2011; Dianzuo, 2015).



2.3.5 Espumantes parcialmente solubles

2.3.5.1 alcoholes alifáticos

Es una miscelánea de alcoholes de cadena corta C6 a C8. el reactivo espumante más utilizado es el metil isobutil carbinol (MIBC). A continuación, se presentan algunas de las mezclas de alcoholes más conocido y usados en el mundo de la metalurgia de los procesos de flotación

La combinación de los alcoholes C6 a C9 con una gravedad específica de 0,856; tiene una viscosidad de 5 cps, es menos soluble en agua y es más selectivo que el MIBC.

La combinación de los alcoholes C4 a C7 y aceites hidrocarbonados, líquido ámbar, densidad 0.82, es soluble en agua 5 g/l. generalmente se usa para recuperar cobre/molibdeno. Sus espumas son menos duraderas que reactivo MIBC.

Combinación de alcoholes C5 a C8, gravedad específica 0.81; es soluble en agua 10g/L, su punto de inflamación es de 55°C, produce una espuma más homogénea y resistente que el reactivo de MIBC, pero menos estable que el propilenglicol, el aceite de pino y el ácido acrílico (Bulatovic, 2007).

2.3.6 Espumantes solubles

2.3.6.1 Eteres poliglicol

Los agentes espumantes son miscibles con agua y proporcionan una alta dispersabilidad y selectividad. de propilenglicoles produce una espuma fuerte y estable cuando se mezcla en celdas de flotación (Bulatovic, 2007).



2.3.7 Reguladores – activadores

Son aquellas sustancias químicas que favorecen la adherencia de colectores en la superficie de la mena del mineral procesado en la flotación (Wei *et al.*, 2017).

2.3.8 Depresores

La reacción química que produce es inversa a los colectores tiene la función principal de evitar la adherencia o coleccionar la ganga o minerales no deseados, entre estos tenemos la pirita que abunda en la mineralización metálica peruana (Wei *et al.*, 2017).

2.3.9 Modificadores o reguladores de pH

Los modificadores sirven para crear condiciones óptimas en su superficie del mineral, en la flotación cada mineral tiene un determinado pH. Para flotar estos se clasifican en óxidos y sulfuros, en la flotación de minerales oxidados es a un pH ácido y los minerales sulfurados en pH alcalino, si no se cuenta con el pH ideal la flotación no será eficiente (Wei *et al.*, 2017).

Tabla 1. Clasificación de los reactivos de flotación de acuerdo con su fundición

Reactivo	Uso	Ejemplo
1. colector	Mineral sulfurado	Xantato, aerofloat, dixantogenato
	Mineral oxidado	Ácidos grasos, aminas grasas
	Mineral no polar	aceites
	Espumante general	Alcoholes, terpenol
2. espumante	Espumante con capacidad colectora	Piridina, ácidos grasos
	Activador	Sales metálicas ácidos inorgánicos, álcali orgánico y compuestos inorgánicos
3. regulador	Depresor	
	Regulador de PH	Ácidos inorgánicos, Álcali
	Floculante y dispersante	Ácidos inorgánicos, álcali, sales y polímeros

Fuente: Hughes (2000).

2.3.10 Teoría de la flotación

En la metalurgia la flotación es un proceso selección utilizado para separar de partículas liberadas en una pulpa homogénea, donde existe una diferencia de hidrofobicidad que es la resistencia al agua esto permite concentrar la materia orgánica en minerales complejos, lo que aumenta la calidad y el beneficio económico de su uso (Montoya, 2000).



2.3.11 Flotación de minerales oxidados

En esta gama de minerales tenemos a la malaquita, azurita casiterita cuprita chalcantila y entre otros óxidos estos minerales tienen la facilidad de flotar con los colectores sulfhídricos, pero existe un grupo de minerales de cobre solubles en agua en donde se genera gran consumo de reactivos para ello se realiza la sulfidización para disminuir el consumo de xantatos (Sutulov, 1963).

2.3.12 Cinética de flotación

La cinética de flotación no ha sido fácil de describir a través de un modelo matemático viene generando una investigación más de 80 años, tener una constante cinética es importante para dimensionar los equipos, pero la complejidad de la flotación en donde influye un gran número de variables, dificulta que esta técnica beneficiosa sea descrita matemáticamente, cada material procesado y una condición de operación específica cuenta un modelo matemático específico y esto va cambiando a las condiciones o factores químicos, como el pH, el % de sólidos la composición química del agua la composición química del mineral dosificación de reactivos la velocidad de inyección de aire y velocidad de giro del impulsor. Por lo tanto, la cinética de flotación estudia la variación de los productos recuperados (Asghar *et al.*, 2015).

2.3.13 Variables de la flotación mineral

2.3.13.1 Granulometría

En la mineralización, los metales valiosos están estrechamente relacionados mena y ganga, por ello la importancia la moliendabilidad para tener el grado de liberación adecuada, teniendo un óptimo tamaño de partícula permita que los granos formen la adhesión partícula burbuja (Reza *et al.*, 2012).



2.3.13.2 Dosificación de reactivos

La dosificación exacta de los reactivos es en función del tipo de mineral a procesar. Ley del mineral, y la dosificación se realiza en gr/tms por ello es importante conocer el porcentaje de sólidos de la pulpa y la asociación de sus propias características (grupos polares activos) (Reza *et al.*, 2012).

2.3.13.3 Tiempo de flotación

También conocido como tiempo de residencia y esta depende de la composición fisicoquímica del mineral a flotar y el acondicionamiento de los reactivos y parámetros operación es por eso se realiza ensayos múltiples y estudios cinéticos para determinar el tiempo de flotación para cada mineral a recuperar (Ata y Jameson, 2005; Vieira y Peres, 2007).

2.3.13.4 pH modificador

El pH es clave en la flotación y es el más usado para la recuperación del mineral valioso y limpieza o selectividad de la mena, El proceso de flotación es extremadamente sensible a la variación de este parámetro. Existen diferentes variables de pH de flotación para cada tipo de mineral a flotar, pero estos variarán según la cantidad de reactivo de flotación utilizado (Ata y Jameson, 2005; Vieira y Peres, 2007).

2.3.13.5 Aireación y acondicionamiento de la pulpa

El tiempo de acondicionamiento con el correcto orden de dosificación de reactivos, es una variable sumamente importante para la activación de los reactivos y otros reactivos presentan cinética de adsorción lenta o baja se dosifica en la molienda por lo que genera mayor tiempo de acondicionamiento y los reactivos con una cinética media



o alta de adsorción se puede agregar en el acondicionador que alimenta a las celdas o directo a la celda de flotación (Ata y Jameson, 2005, Vieira y Peres, 2007).

2.3.14 Celda de flotación

La celda de flotación del laboratorio es del grupo METSO y éstas cuenta con diferentes volúmenes de celdas, la celda de flotación usada en esta investigación fueron 2 celdas de acero inoxidable de 2.2 litros para la celda rougher y 1.1 litros para la celda cleaner en donde se procesa la pulpa. Las celdas cuentan con un sistema de agitación mecánica, que regula la velocidad de la agitación entre 600 a 800 (RPM), y este también cuenta con una válvula que regula el flujo del alimento de aire en Libras (Minlab, 2020).

2.3.15 Carbón activado

“El carbón activado es un material de materia carbonizada la que puede ser de origen vegetal o mineral. A esto se le llama activado debido porque la materia carbonizada tiene propiedades adsorbentes, pero su estado de activación que se le proporciona a este tipo especial de carbón, se le otorgan propiedades especiales esto lo hace tener mayor capacidad para adsorber ciertas sustancias” (Rocha, 2011).

2.3.15.1 Adsorción con carbón activo

La generación de la adsorción del carbón activado se divide en tres etapas.

- Macrotransporte: transporte de los materiales orgánico por medio del sistema de macroporoso del carbón activo.
- Microtransporte: desplazamiento del material orgánico por medio de un sistema de microporos del carbón activo.



- Adsorción: pegado o adhesión física de los materiales orgánicos a la superficie del carbón activo es sus mesoporos y microporos del carbón activo (Fombuena *et al.*, 2010).

2.3.15.2 Aplicación

El carbón activado granulado, gaseoso y en medio líquido como tal tiene una amplia gama de aplicación se aplica en la purificación de agua, limpieza en seres humanos y limpieza de aceites, el carbón pulverizado se aplica en estado líquido mientras el granulado se puede aplicar en ambos medios (Fombuena *et al.*, 2010).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

La metodología de investigación aplicada a esta evaluación de flotación de casiterita variando agua de proceso y agua de mina con y sin la dosificación de carbón activado en la etapa de espumas cleaner es de tipo analítico-experimental.

De acuerdo a la investigación esta reúne las características del nivel de investigación descriptivo y explicativo.

3.1.1 Método y diseño de la investigación

Método de la investigación (y procedimiento experimental)

Los métodos a usar son analíticos, comparativos y explicativos

Diseño de la investigación

Descriptivo y explicativo

Este diseño se realizó de la siguiente forma:



Tabla 2. Variables e indicadores

Variable	Indicadores
Variable independiente	- Recolección de datos flotación.
Influencia del carbón activado	- Parámetros de flotación. - Condiciones operacionales de las celdas de flotación. - Condiciones del agua de proceso. - Condiciones de la aplicación o sin la aplicación del carbón activado en las aguas.
Variable dependiente	- Dosificación de carbón activado.
Agua de mina y agua de proceso en la etapa de flotación de casiterita en U.M. San Rafael	- Variación de agua de proceso. - Variación de agua de interior mina

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Se consideró al alimento a la flotación de sulfuros del circuito de flotación de la planta concentradora de la unidad minera San Rafael.

3.2.2 Muestra

El estudio se realizó con una muestra de pulpa de casiterita utilizando agua interior de mina y agua de proceso con y sin adición de carbón activado en ambos casos.

Alimento del circuito de flotación (ACONDICIONADOR 8*8-A)



3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

- Muestreo en pulpa
- Métodos de muestreo
- Tipo de cortadores
- Clasificación de reactivos
- Recolección de antecedentes de parámetros de flotación
- Clasificación de parámetros de flotación.

Instrumentos

- Laboratorio metalúrgico
- Laboratorio químico.
- Computadora portátil laptop.

3.2.4 Análisis y procedimientos de datos

El procesamiento de datos fue informático a nivel comparativo-explicativo, en donde se utilizó el paquete estadístico MICRO SOFT EXCEL, que permitió conocer las curvas de recuperación. En cuanto a los indicadores se utilizaron tablas, graficas de barras, dispersión entre otros en donde se detallaron los resultados obtenidos.



3.2.5 Formulas metalúrgicas

3.2.5.1 Porcentaje de recuperación

$$R = \frac{C(F - T)}{F(C - T)} \times 100$$

% R= porcentaje de recuperación del metal en concentrado

C= Ley de metal en el concentrado.

F= ley de metal en la alimentación.

T= ley de metal en el relave o colas

3.2.5.2 Razón de concentración

$$K = \frac{F}{C}$$

K= Razón de concentración

C= Ensayo de metal en el concentrado

F= Ensayo de metal en la alimentación

3.2.5.3 Contenido metálico

$$\text{Contenido metálico} = \frac{(\text{ley}) \times (\text{peso})}{100}$$

3.3 MATERIALES

3.3.1 Personal

- Ejecutor: técnico metalurgista, ayudante de laboratorio metalúrgico.
- Supervisor: Supervisor de turno de Laboratorio Metalúrgico.



3.3.2 Equipos de protección personal

- Casco y barbiquejo
- Respirador con filtros para polvos
- Guantes de cuero, badana, prótex o neopreno
- Guantes de nitrilo para manipulación de pulpas o partículas finas
- Lentes de seguridad transparentes
- Overol con cintas reflectiva
- Zapatos de seguridad y botas, con punta de acero
- Tyvek (si es necesario)
- Tapones de oído, orejeras.

3.3.3 Equipo / herramienta / materiales de trabajo

- Baldes de plástico de 20 Litros.
- Cortador Manual de muestras (para pulpas finas y gruesas)
- Balanza Marcy
- Plumón de tinta indeleble
- Cuarteador de Rifles (muestras secas)
- Cuarteador Cónico (para pulpas)
- Bandejas
- Ro-Tap ATM



- Pulverizador
- Mallas según lo requerido
- Balanza
- Sobres de manila para muestras
- Horno Grieve
- Ro-Tap individual (deslamador)
- Espátulas
- Brochas
- Alcohol
- Pala Jigs
- Formato, cuaderno de registro
- Bolsas para aforar.

3.4 PROCEDIMIENTO

3.4.1 Identificación de los puntos a muestrear

Se identificó los puntos de muestreo en el circuito de flotación.

3.4.2 Colocación de baldes de 4, 8 o 20 Litros en cada punto de muestreo

Se trasladaron los depósitos (baldes) de 4, 8 o 20 litros, con sus respectivas identificaciones (rótulos) y tapas, en el punto donde se seleccionó la muestra.



3.4.3 Verificación del punto de muestreo óptimo

Antes de tomar la muestra se verificó que el punto a muestrear este óptimo al 100%, es decir, que planta esté trabajando con sus parámetros normales (tonelaje normal, etc.)

3.4.4 Selección del cortador manual adecuado para, realizar la toma de muestra

Se tomó la muestra con el cortador seleccionado de acuerdo a la granulometría del mineral (fino o grueso) y flujo.

3.4.5 Estabilización del circuito

Se esperó hasta que planta esté trabajando con sus parámetros normales, en caso contrario no se muestreará.

3.4.6 Tiempo de muestreo

Para esto, se coordinó con el ingeniero o supervisor de turno los intervalos de tiempo de muestreo en caso sea una muestra compósito, luego se tomó la muestra manualmente y se depositó en cada balde con el rótulo correspondiente para evitar posible cruce o confusión de muestras.

3.4.7 Vertimiento de la muestra del cortador al depósito

Se vertió la muestra del cortador con mucho cuidado al depósito (balde) y se verificó que no quede muestra en el cortador.

3.4.8 Medición de la densidad (Según requerimiento)

Se midió la densidad siguiendo los siguientes pasos:

- Se colgó la Balanza Marcy en un lugar adecuado.



- Se sacó la muestra con el cortador, para evitar el derrame de pulpa.
- Se vació la pulpa al vaso Marcy hasta nivelar los orificios del vaso.
- Se pesó el vaso con la muestra en la balanza Marcy y registrar la densidad.

3.4.9 Traslado de los depósitos de muestra a laboratorio metalúrgico

Una vez culminado el muestreo, se trasladaron los baldes con muestra al laboratorio metalúrgico y se ubicó en la zona de preparación de muestras.

3.4.10 Preparación de muestra para Ley de Estaño

Secado de muestra: Se trasvasó la muestra (pulpa) a una bandeja para secarlo en el Horno Grieve a temperatura de 300°F.

Nota: Se verificó que las muestras se encuentran relativamente secas introduciendo una espátula de metal y observando que no se adhieren partículas a la misma, esto indica que se puede proceder con el siguiente paso.

3.4.11 Verificación de la instalación eléctrica

Se verificó la instalación eléctrica del equipo, evitando cualquier contacto con la energía, si se encuentra en mal estado comunicar al Ingeniero o Supervisor de turno.

Antes de iniciar la prueba se realizó el Check List de la Celda de Flotación, verificando su óptimo estado, para su operación continua, se llenó el registro F-SR-MINLAB(LABM)-SSO-10 Check List Celda de Flotación.

3.4.12 Determinación de parámetros de flotación

Se determinó los parámetros utilizados en planta, como son:

- La dosificación de reactivos (cc/min)



- % Sólidos
- G.E.
- pH.

Los demás parámetros se determinaron mediante cálculos:

Volumen de celda a utilizar 1.1, 2.2 o 4.6 litros (volumen útil de cada celda)

- Peso de mineral
- Dosis de reactivos (Kg/TM).

3.4.13 Limpieza del rotor y estator

Con la finalidad de eliminar o disminuir los residuos remanentes de mineral y reactivos, se colocó la celda de flotación en su posición de trabajo y se agregó agua pura a la celda, luego se encendió el equipo y se abrió la válvula de aire.

3.4.14 Regulación de los RPM

Se desajustó la tuerca de fijación y se reguló los RPM mediante la perilla de ajuste de velocidad, una vez regulado los RPM, se ajustó la tuerca de fijación.

3.4.15 Preparación de reactivos

Los reactivos se prepararon a una concentración 10 o 15%

Los reactivos se prepararon según el procedimiento; PETS-SR-MINLAB(LABM)-SSO-015 Traslado, uso, preparación de reactivos y disposición final.

Se rotularon las jeringas a utilizar para una fácil identificación de los reactivos.



3.4.16 Ajuste del nivel de pulpa

Según los parámetros de flotación y la celda a usar se calculó el nivel de pulpa, luego se agregó el agua hasta que el nivel de pulpa llegue a la marca de volumen determinada, luego se encendió el equipo de flotación por unos 2 a 3 minutos para eliminar el aire que pueda quedar atrapado en el mineral, en seguida se apagó el equipo y se verificó que la pulpa este al nivel inicial, agregando agua si fuera necesario.

3.4.17 Regular pH

Se encendió el equipo de flotación y se reguló el pH con ayuda de Ácido sulfúrico o Cal, ambos al 10% w/w, esto se reguló hasta que el pH se mantenga estable.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de flotación cíclica con agua de interior mina y agua de proceso con y sin adición de carbón activado, se realizó en el laboratorio metalúrgico de la unidad minera San Rafael, en donde se realizó un muestreo de 7 días del rebose acondicionador 8 x 8 “A” (alimento DR-300).

Así mismo, las pruebas de flotación se realizaron bajo las siguientes condiciones: Se utilizó un volumen de celda útil de 2.2 litros, para lo cual se usó muestras de 1660.00 gramos adicionando un volumen de agua de 1596.00 mililitros, obteniendo una densidad de pulpa de 1480 gramos por litro donde se generó un porcentaje de sólidos de 51%, dicha muestras tienen una gravedad específica de 2.75 y según el análisis granulométrico tiene un D80 de 38%.

Tabla 3. Variables de la flotación cíclica

Variables de flotación cíclica número	
V _{UTIL DE CELDA}	2.2 L
Peso de la muestra	1660 g
Volumen del agua	1596 cc
Densidad de pulpa	1480 g/L
%S	51
Gravedad específica	2.75
D80	38



Para la dosificación de reactivos en la flotación cíclica se consideró seis etapas de flotación en donde se dosificó MIBC química mente puro, xantato – 11 al 10%, aero promoter al 10% y carbón bituminoso pulverizado, tal como se puede observar los detalles en la siguiente tabla:

Tabla 4. Etapas de la Flotación cíclica

Etapas de la flotación cíclica.	Reactivo	Consumo	Dosificación
		(g/TMS)	
Rougher Sulfuros	MIBC (puro)	40	14 gotas
Rougher Sulfuros	Z-11 (10%)	25	0.44 ml
Rougher 1 Casiterita	AP-845 (10%)	40	0.66 ml
Rougher 2 Casiterita	AP-845 (10%)	40	0.66 ml
Scavanger Casiterita	AP-845 (10%)	20	0.33 ml
Scavenger Casiterita	CARBON	60	0.10 gramos

Figura 3. Diagrama de proceso de Rougher y Scavenger

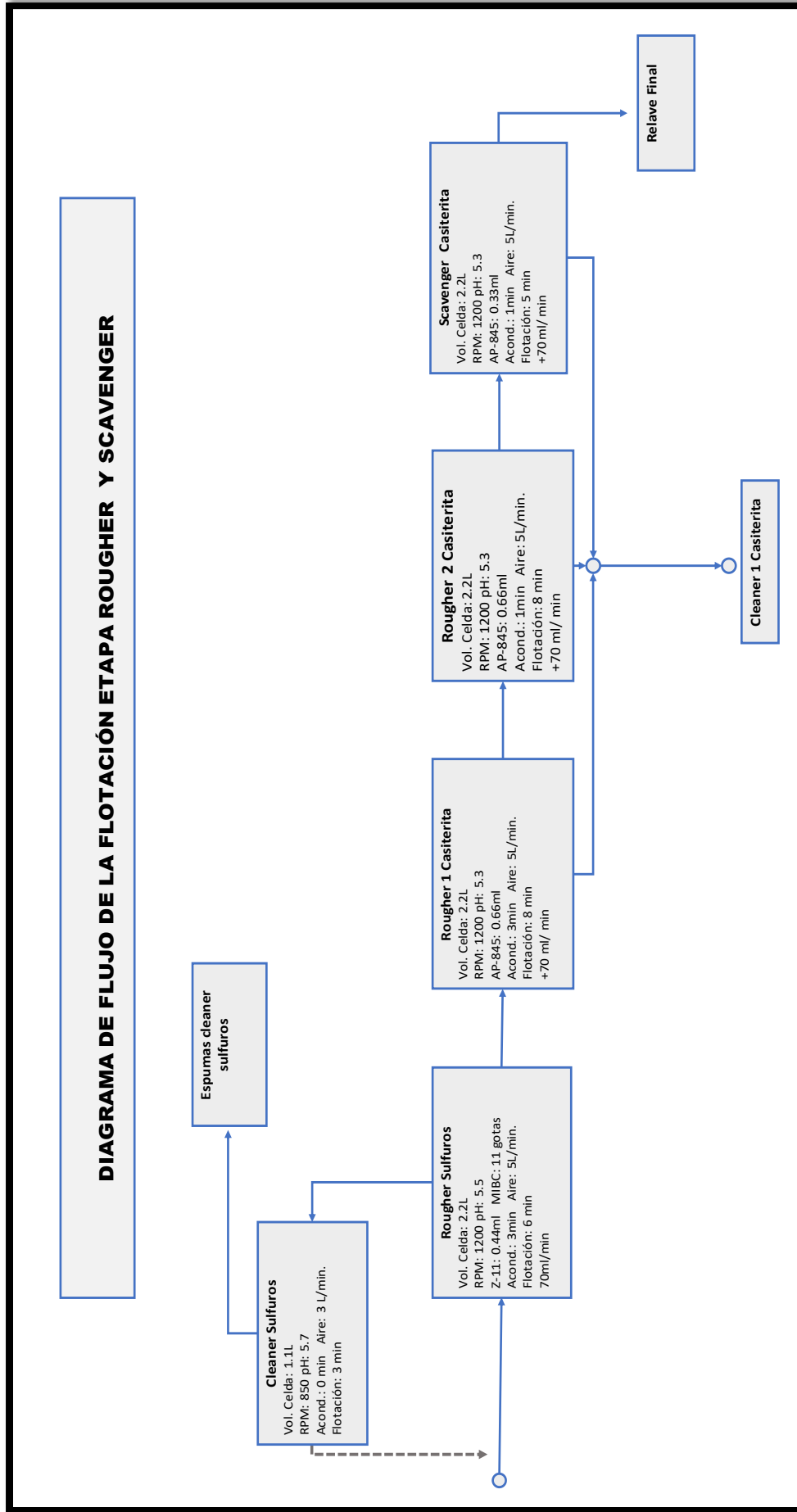
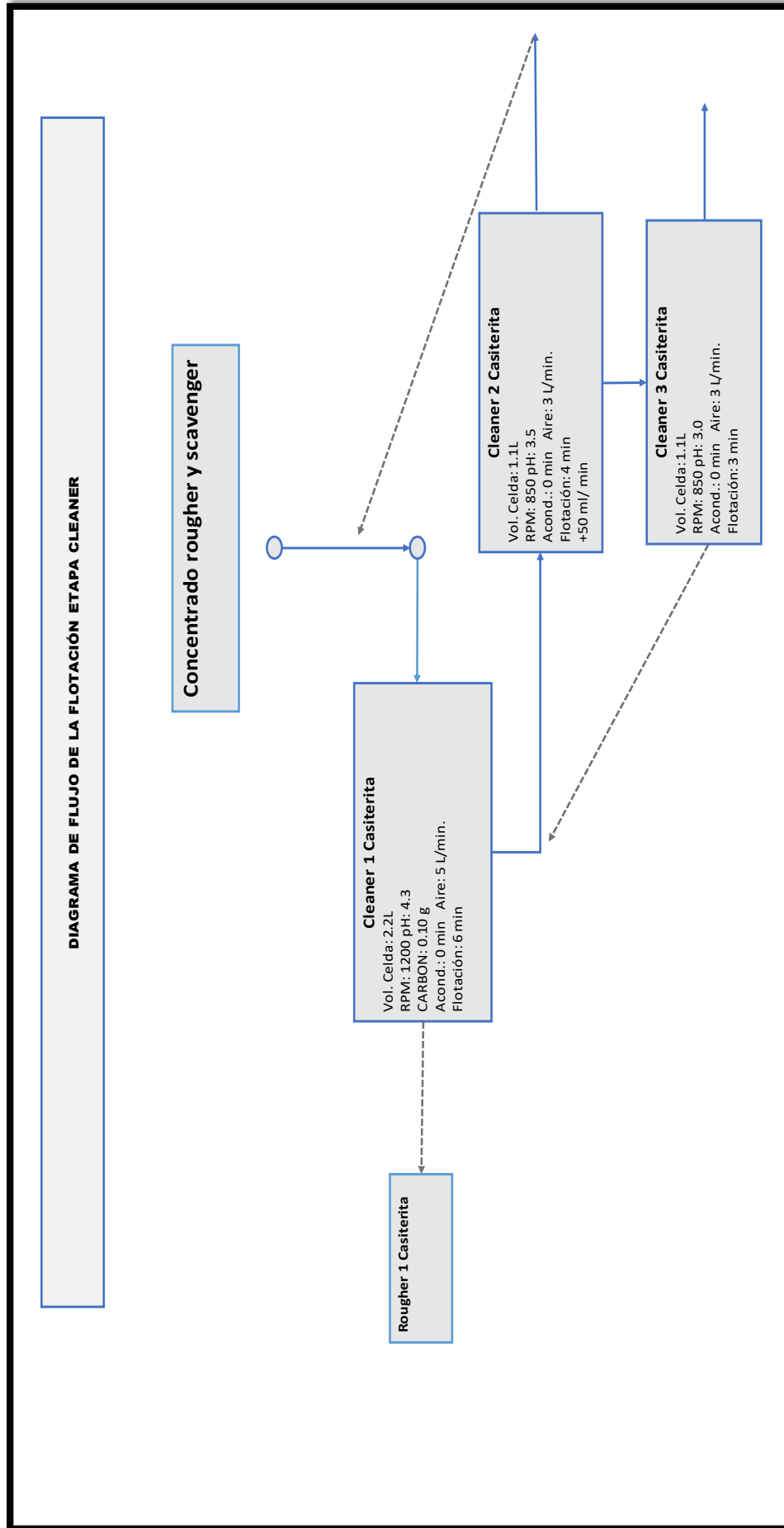


Figura 4. Diagrama de flujo de la etapa Cleaner



4.1 PRUEBA N° 1 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE INTERIOR MINA, SIN ADICIONAR CARBÓN ACTIVADO

En la prueba número 1 se realizó la prueba con agua de interior mina sin carbón activado, cumpliendo las siguientes condiciones se usó un volumen de celda útil de 2.2 litros, para lo cual se usó una muestra de 1660.00 gramos adicionando un volumen de agua de 1596.00 mililitros, obteniéndose una densidad de pulpa de 1480 gramos por litro donde se generó un porcentaje de sólidos de 51%, dicha muestra tiene una gravedad específica de 2.75 y según el análisis granulométrico tiene un D80 de 38%.

Tabla 5. Balance metalúrgico número 1

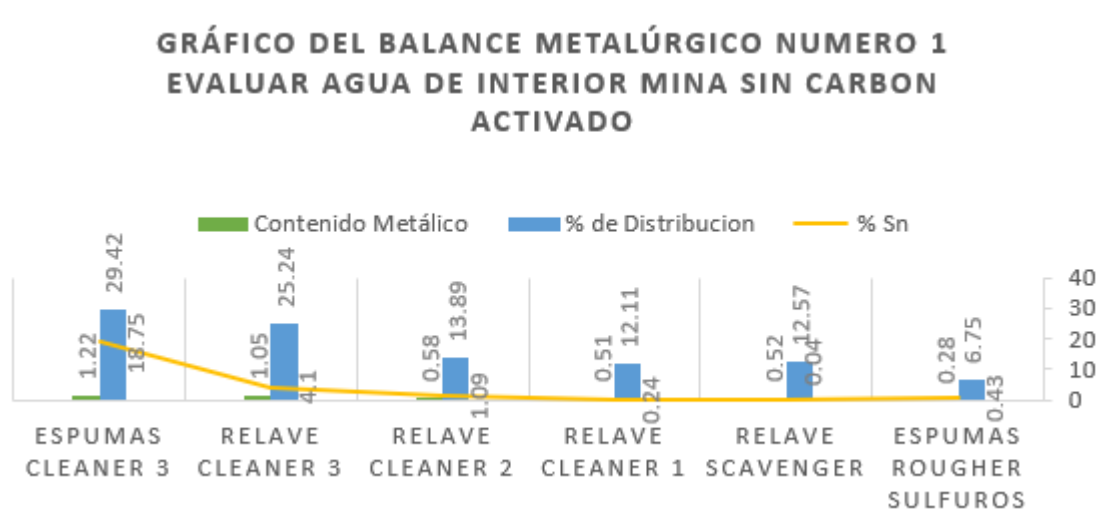
BALANCE METALÚRGICO NUMERO 1 EVALUACION DE AGUA DE INTERIOR MINA <u>SIN</u> CARBON ACTIVADO								
PRODUCTO	PESO (G)	% PES+ O	LEY		Contenido Metálico		% de Distribución	
			% Sn	% S	Sn (g)	S (g)	% Sn	% S
Espumas Cleaner 3	6.50	0.39	18.75	0.97	1.22	0.06	29.43	5.98
Relave Cleaner 3	25.50	1.54	4.10	0.37	1.05	0.09	25.25	8.95
Relave Cleaner 2	52.80	3.19	1.09	0.11	0.58	0.06	13.90	5.51
Relave Cleaner 1	208.90	12.61	0.24	0.05	0.50	0.10	12.11	9.91
Relave Scavenger	1297.80	78.35	0.04	0.01	0.52	0.13	12.57	12.31
Espumas Rougher Sulfuros	65.00	3.92	0.43	0.93	0.28	0.60	6.75	57.34

De la tabla precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 6.50 gramos que equivale el 0.39% que contiene 18.75 % de estaño y su contaminante 0.97 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 1.22 gramos de estaño.

- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 25.50. gramos que equivale el 1.54% que contiene 4.10 % de estaño y su contaminante 0.37 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 1.05 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene un peso de 52.80. gramos que equivale el 3.19% que contiene 1.09 % de estaño y su contaminante 0.11 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.58 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene un peso de 208.90. gramos que equivale el 12.61% que contiene 0.24 % de estaño y su contaminante 0.05 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.50 gramos de estaño.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene un peso de 1297.80 gramos que equivale el 78.35% que contiene 0.04 % de estaño y su contaminante 0.01% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.52 gramos de estaño.
- **ESPUMAS ROUGHER SULFUROS:** En esta etapa se tiene un peso de 65.00. gramos que equivale el 3.92 % que contiene 0.43 % de estaño y su contaminante 0.93% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.28 gramos de estaño.

Figura 5. Balance metalúrgico número 1 evaluación de agua de interior mina sin carbón activado





Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 29.42%, con una ley de 18.75 % de estaño generando contenido 1.22 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 25.25%, con una ley de 4.10% de estaño generando contenido 1.05 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 13.90%, con una ley de 1.09% de estaño generando contenido 0.58 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 12.11%, con una ley de 0.24% de estaño generando contenido 0.50 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 12.57%, con una ley de 0.04% de estaño generando contenido 0.52 gramos de estaño metálico.
- **ESPUMAS ROUGHER SULFUROS:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 6.75%, con una ley de 0.43% de estaño generando contenido 0.28 gramos de estaño metálico.

4.2 PRUEBA N° 2 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE INTERIOR MINA, ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO

En la prueba número 2 se realizó la prueba con agua de interior mina adicionando carbón activado, cumpliendo las siguientes condiciones se usó un volumen de celda útil de 2.2 litros, para lo cual se usó una muestra de 1660.00 gramos adicionando un volumen de agua de 1596.00 mililitros, obteniéndose una densidad de pulpa de 1480 gramos por litro donde se generó un porcentaje de sólidos de 51%, dicha muestra tiene una gravedad específica de 2.75 y según el análisis granulométrico tiene un D80 de 38%.

Tabla 6. Balance Metalúrgico número 2

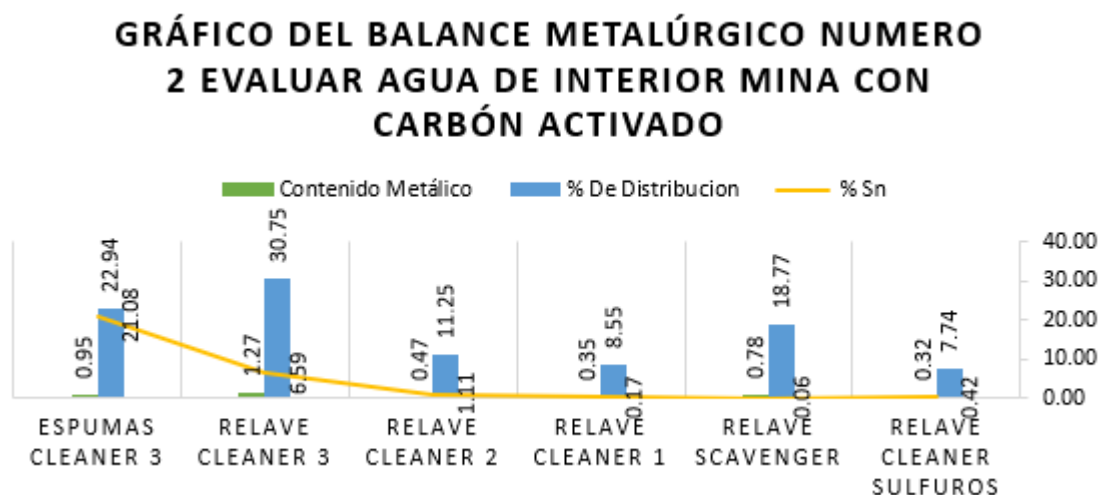
PRODUCTO	PESO (G)	% PESO	LEY		Contenido Metálico		% de Distribución	
			% Sn	% S	Sn (g)	S (g)	% Sn	% S
			Espumas Cleaner 3	4.50	0.27	21.08	1.22	0.95
Relave Cleaner 3	19.30	1.17	6.59	0.60	1.27	0.12	30.75	10.54
Relave Cleaner 2	41.90	2.53	1.11	0.15	0.47	0.06	11.25	5.72
Relave Cleaner 1	208.10	12.58	0.17	0.02	0.35	0.04	8.55	3.79
Relave Scavenger	1304.30	78.84	0.06	0.01	0.78	0.13	18.77	11.87
Relave Cleaner Sulfuros	76.20	4.61	0.42	0.91	0.32	0.69	7.74	63.09
Cabeza Calculada	1654.30	100.00	0.25	0.07	4.14	1.10	100.00	100.00

De la tabla precedente se observa:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 4.50 gramos que equivale el 0.27% que contiene 21.08 % de estaño y su contaminante 1.22 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.95 gramos de estaño.

- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 19.30. gramos que equivale el 1.17% que contiene 6.59 % de estaño y su contaminante 0.60 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 1.27 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene un peso de 41.90. gramos que equivale el 2.53% que contiene 1.1 % de estaño y su contaminante 0.15 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.47 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene un peso de 208.10. gramos que equivale el 12.58% que contiene 0.17 % de estaño y su contaminante 0.02 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.35 gramos de estaño.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene un peso de 1304.30. gramos que equivale el 78.84% que contiene 0.06 % de estaño y su contaminante 0.01de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.78 gramos de estaño.
- **ESPUMAS ROUGHER SULFUROS:** En esta etapa se tiene un peso de 76.20 gramos que equivale el 4.61% que contiene 0.42% de estaño y su contaminante 0.91 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.32 gramos de estaño.

Figura 6. Balance metalúrgico numero 2 evaluación de agua de interior mina con carbón activado





Del gráfico precedente se observa:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 22.94%, con una ley de 21.08% de estaño generando contenido 0.95 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 30.75%, con una ley de 6.59% de estaño generando contenido 1.27 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 11.25%, con una ley de 1.11% de estaño generando contenido 0.47 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 8.55%, con una ley de 0.17% de estaño generando contenido 0.35 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 18.77%, con una ley de 0.06% de estaño generando contenido 0.78 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER SULFUROS:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 7.74%, con una ley de 0.42% de estaño generando contenido 0.32 gramos de estaño metálico.

4.3 PRUEBA N° 3 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE PROCESO SIN ADICIONAR CARBÓN ACTIVADO

En la prueba número 3 se realizó la prueba con agua de proceso sin adicionar carbón activado, cumpliendo las siguientes condiciones se usó un volumen de celda útil de 2.2 litros, para lo cual se usó una muestra de 1660.00 gramos adicionando un volumen de agua de 1596.00 mililitros, obteniéndose una densidad de pulpa de 1480 gramos por litro donde se generó un porcentaje de sólidos de 51%, dicha muestra tiene una gravedad específica de 2.75 y según el análisis granulométrico tiene un D80 de 38%.

Tabla 7. Balance Metalúrgico número 3

PRODUCTO	PESO (G)	% PESO	LEY		Contenido Metálico		% de Distribución	
			% Sn	% S	Sn (g)	S (g)	% Sn	% S
			Espumas Cleaner 3	8.80	0.53	17.31	1.09	1.52
Relave Cleaner 3	20.30	1.23	2.92	0.28	0.59	0.06	14.33	5.37
Relave Cleaner 2	55.80	3.37	0.98	0.20	0.55	0.11	13.22	10.55
Relave Cleaner 1	171.00	10.33	0.24	0.03	0.41	0.05	9.92	4.85
Relave Scavenger	1316.30	79.55	0.05	0.01	0.71	0.13	17.13	12.44
Relave Cleaner Sulfuros	82.50	4.99	0.43	0.74	0.35	0.61	8.58	57.71
Cabeza Calculada	1654.70	100.00	0.25	0.06	4.14	1.06	100.00	100.00

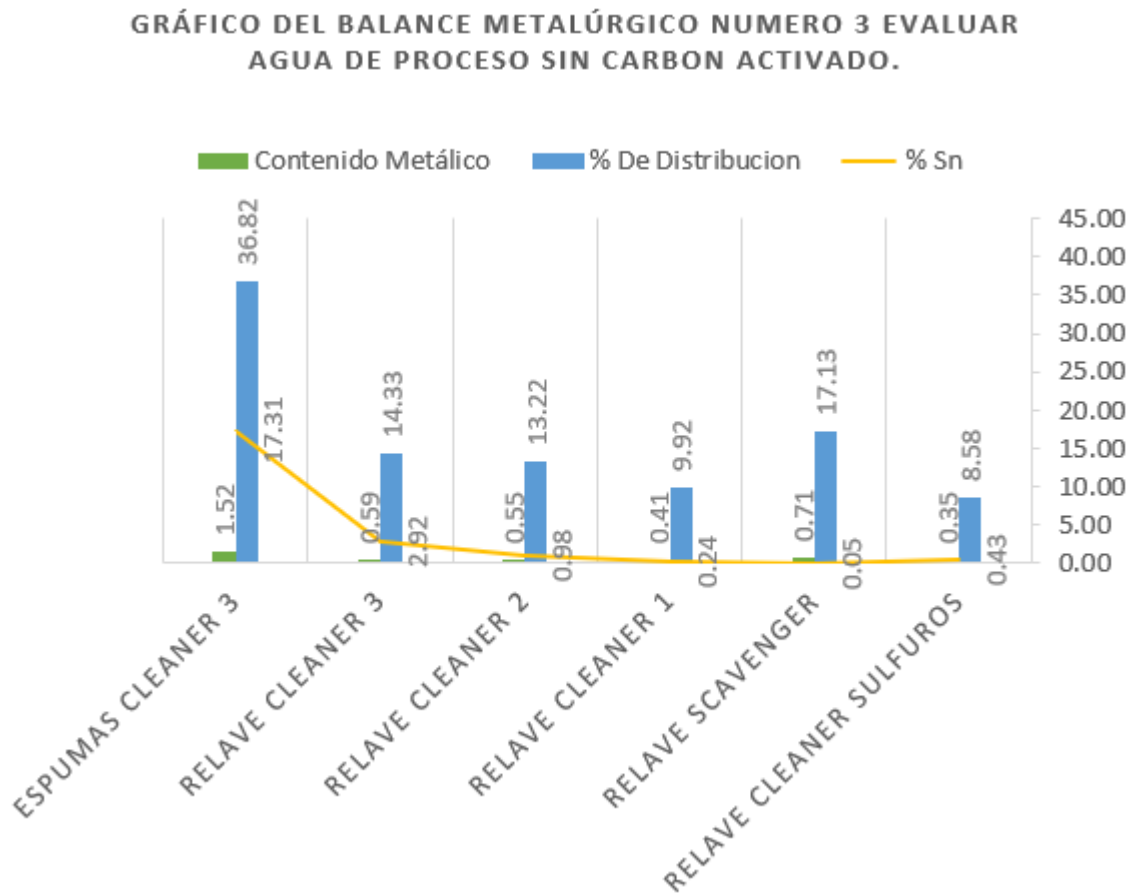
De la tabla precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 8.80 gramos que equivale el 0.53% que contiene 17.31 % de estaño y su contaminante 1.09 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 1.52 gramos de estaño.



- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 20.30. gramos que equivale el 1.23% que contiene 2.92 % de estaño y su contaminante 0.28 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.59 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene un peso de 55.80 gramos que equivale el 3.37% que contiene 0.98 % de estaño y su contaminante 0.20 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.55 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene un peso de 171.00. gramos que equivale el 10.33% que contiene 0.24 % de estaño y su contaminante 0.03 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.41 gramos de estaño.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene un peso de 1316.30. gramos que equivale el 79.55% que contiene 0.05 % de estaño y su contaminante 0.01de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.71 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER SULFUROS:** En esta etapa se tiene un peso de 82.50. gramos que equivale el 4.99% que contiene 0.43% de estaño y su contaminante 0.74de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.71 gramos de estaño.

Figura 7. Balance metalúrgico numero 3 evaluación de agua de proceso sin carbón activado



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 36.82%, con una ley de 17.31% de estaño generando contenido 1.52 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 14.33%, con una ley de 2.92% de estaño generando contenido 0.59 gramos de estaño metálico.



- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 13.22%, con una ley de 0.98% de estaño generando contenido 0.55 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 9.92%, con una ley de 0.24% de estaño generando contenido 0.41 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 17.13%, con una ley de 0.05% de estaño generando contenido 0.71 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER SULFUROS:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 8.58%, con una ley de 0.43% de estaño generando contenido 0.35 gramos de estaño metálico.

4.4 PRUEBA N° 4 DE FLOTACIÓN CICLICA CON AGUA DE PROCESO ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO

En la prueba número 4 se realizó la prueba con agua de proceso adicionando carbón activado, cumpliendo las siguientes condiciones se usó un volumen de celda útil de 2.2 litros, para lo cual se usó una muestra de 1660.00 gramos adicionando un volumen de agua de 1596.00 mililitros, obteniéndose una densidad de pulpa de 1480 gramos por litro donde se generó un porcentaje de sólidos de 51%, dicha muestra tiene una gravedad específica de 2.75 y según el análisis granulométrico tiene un D80 de 38%.

Tabla 8. Balance Metalúrgico número 4

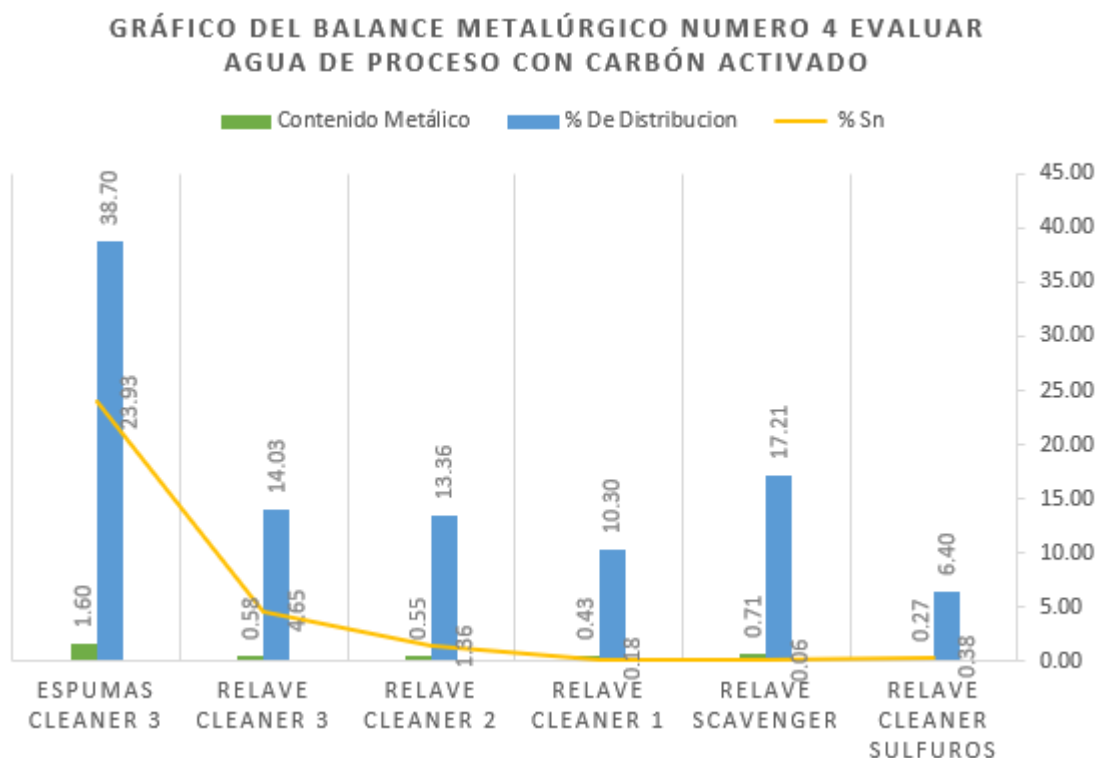
Balance metalúrgico numero 4 evaluar agua de proceso con carbón activado								
PRODUCTO	PESO (G)	% PESO	LEY		Contenido Metálico		Recuperación	
			% Sn	% S	Sn (g)	S (g)	% Sn	% S
Espumas Cleaner 3	6.70	0.40	23.93	1.41	1.60	0.09	38.70	5.52
Relave Cleaner 3	12.50	0.75	4.65	0.69	0.58	0.09	14.03	5.04
Relave Cleaner 2	40.70	2.46	1.36	0.27	0.55	0.11	13.36	6.42
Relave Cleaner 1	237.00	14.30	0.18	0.09	0.43	0.21	10.30	12.47
Relave Scavenger	1290.50	77.87	0.06	0.04	0.71	0.52	17.21	30.17
Relave Cleaner Sulfuros	69.80	4.21	0.38	0.99	0.27	0.69	6.40	40.38
Cabeza Calculada	1657.20	100.00	0.25	0.10	4.14	1.71	100.00	100.00

De la tabla precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 6.70 gramos que equivale el 0.40% que contiene 23.93% de estaño y su contaminante 1.41% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 1.60 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene un peso de 12.50. gramos que equivale el 0.75% que contiene 4.65% de estaño y su contaminante 0.69% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.69 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene un peso de 40.70 gramos que equivale el 2.46% que contiene 1.36 % de estaño y su contaminante 0.27 de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.55 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene un peso de 237.00. gramos que equivale el 14.30% que contiene 0.18 % de estaño y su contaminante 0.09% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.43 gramos de estaño.

- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene un peso de 1290.50. gramos que equivale el 77.87% que contiene 0.06 % de estaño y su contaminante 0.04% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.71 gramos de estaño.
- **RELAVE CLEANER SULFUROS:** En esta etapa se tiene un peso de 69.80. gramos que equivale el 4.21% que contiene 0.38% de estaño y su contaminante 0.99% de azufre; obteniendo un contenido metálico de 0.27 gramos de estaño.

Figura 8. Balance metalúrgico numero 4 evaluación de agua de proceso con carbón activado



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **ESPUMAS CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 38.70%, con una ley de 23.93% de estaño generando contenido 1.60 gramos de estaño metálico.



- **RELAVE CLEANER III:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 14.03%, con una ley de 4.65% de estaño generando contenido 0.58 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER II:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 13.36%, con una ley de 1.36% de estaño generando contenido 0.55 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER I:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 10.30%, con una ley de 0.18% de estaño generando contenido 0.43 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE SCAVENGER:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 17.21%, con una ley de 0.06% de estaño generando contenido 0.71 gramos de estaño metálico.
- **RELAVE CLEANER SULFUROS:** En esta etapa se tiene la distribución de estaño 6.40%, con una ley de 0.38% de estaño generando contenido 0.27 gramos de estaño metálico.

4.5 COMPARACIÓN DE LAS PRUEBAS EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN DE CASITERITA

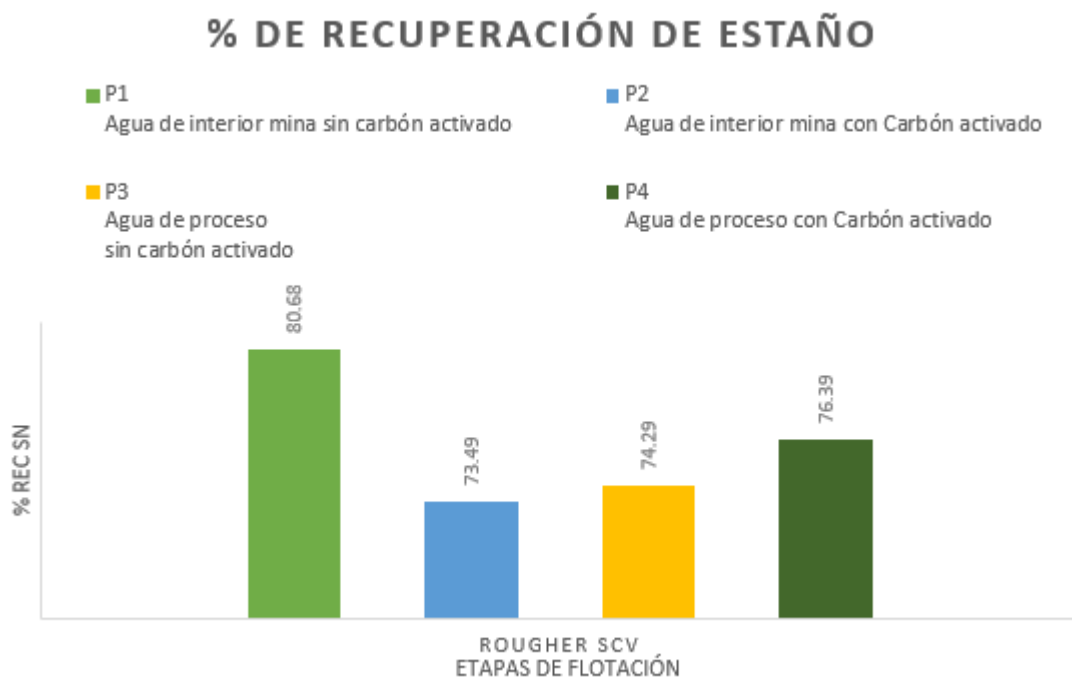
Para llevar a cabo esta tabla comparativa de las pruebas de flotación de casiterita y teniendo en consideración los objetivos específicos propuestos, a continuación, se presenta dichas evaluaciones.

Tabla 9. Evaluación de las pruebas de flotación

		P1	P2	P3	P4
Evaluación de las pruebas.		Agua de proceso sin carbón activado	Agua de proceso con carbón activado	Agua de proceso sin carbón activado	Agua de proceso con carbón activado
% Sn	Alimento Rougher	0.24	0.24	0.24	0.24
	Espumas Rougher Scv	1.14	1.11	1.20	1.07
	Espumas Cleaner 1	3.35	4.09	3.14	4.57
	Espumas Cleaner 2	7.08	9.33	7.27	11.38
	Espumas Cleaner 3	18.75	21.08	17.31	23.93
% Recuperación Sn	Rougher Scv	80.68	73.49	74.29	76.39
	Cleaner 1	68.57	64.94	64.37	66.09
	Cleaner 2	54.68	53.69	51.15	52.73
	Cleaner 3	29.43	22.94	36.82	38.70

4.5.1 Etapa Rougher y Scavenger recuperación

Figura 9. % de recuperación de estaño flotación Rougher- Scavenger

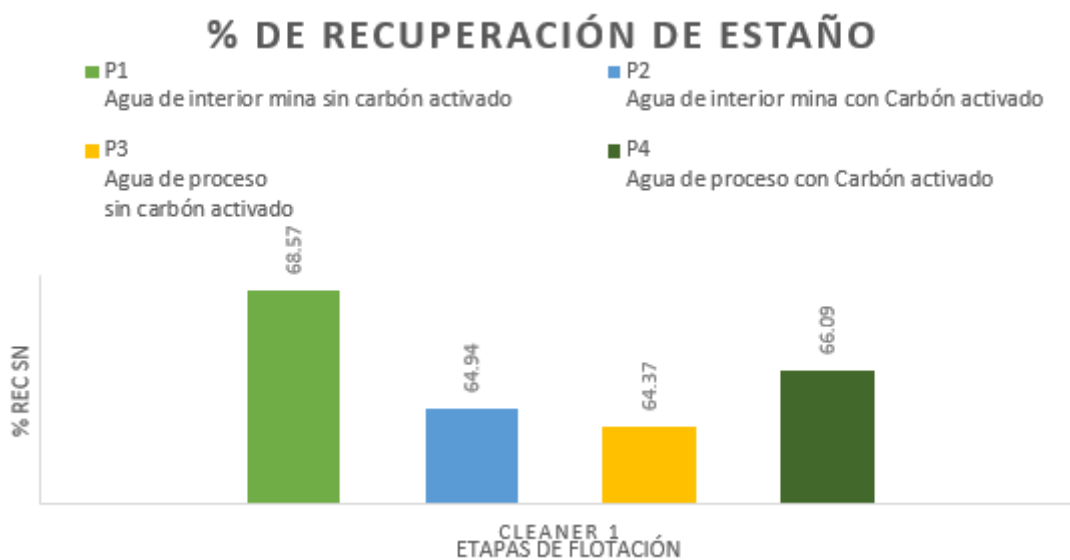


Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **PRUEBA NUMERO 1:** Al ejecutar la prueba en la etapa rougher y scavenger, con agua de interior mina sin adicionar carbón activado genera una recuperación de estaño de 80.68%.
- **PRUEBA NUMERO 2:** Al ejecutar la prueba en la etapa rougher y scavenger, con agua de interior mina adicionando carbón activado genera una recuperación de estaño fino de 73.49%.
- **PRUEBA NUMERO 3:** Al ejecutar la prueba en la etapa rougher y scavenger, con agua de proceso sin adicionar carbón activado genera una recuperación de estaño fino de 74.29%.
- **PRUEBA NUMERO 4:** Al ejecutar la prueba en la etapa rougher y scavenger, con agua Polay adicionando carbón activado genera una recuperación de estaño fino de 76.39%.

4.5.2 Etapa Cleaner I primera limpieza recuperación

Figura 10. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 1

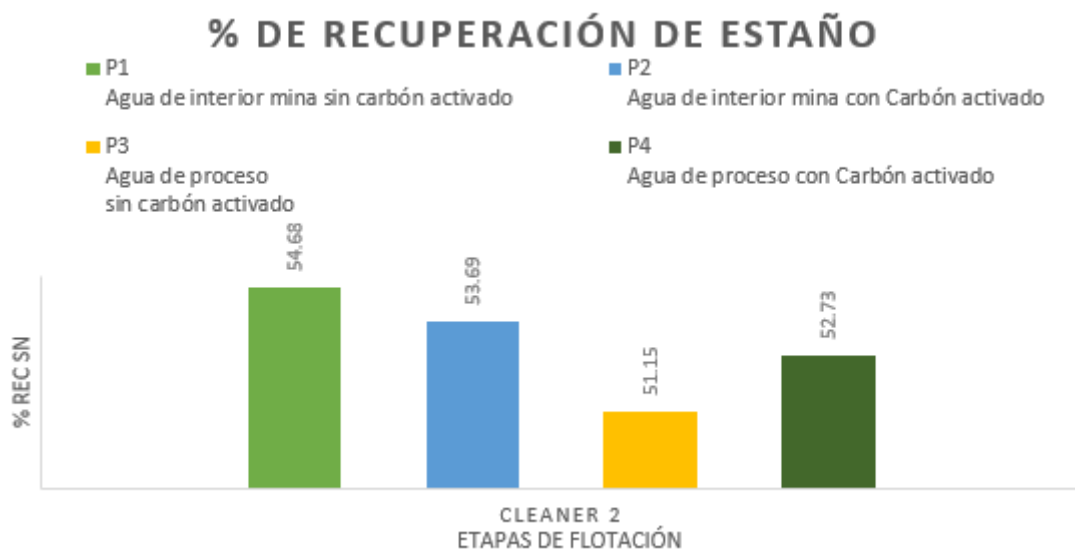


Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **PRUEBA NUMERO 1:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner I en donde se realiza la primera limpieza de flotación, se agrega agua Polay sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 68.57%.
- **PRUEBA NUMERO 2:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner I en donde se realiza la primera limpieza de flotación, se agrega agua Polay adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 64.94%.
- **PRUEBA NUMERO 3:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner I en donde se realiza la primera limpieza de flotación, se agrega agua de proceso sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 64.37%.
- **PRUEBA NUMERO 4:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner I en donde se realiza la primera limpieza de flotación, se agrega agua de proceso adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 66.09%.

4.5.3 Etapa Cleaner II segunda limpieza % de recuperación

Figura 11. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 2



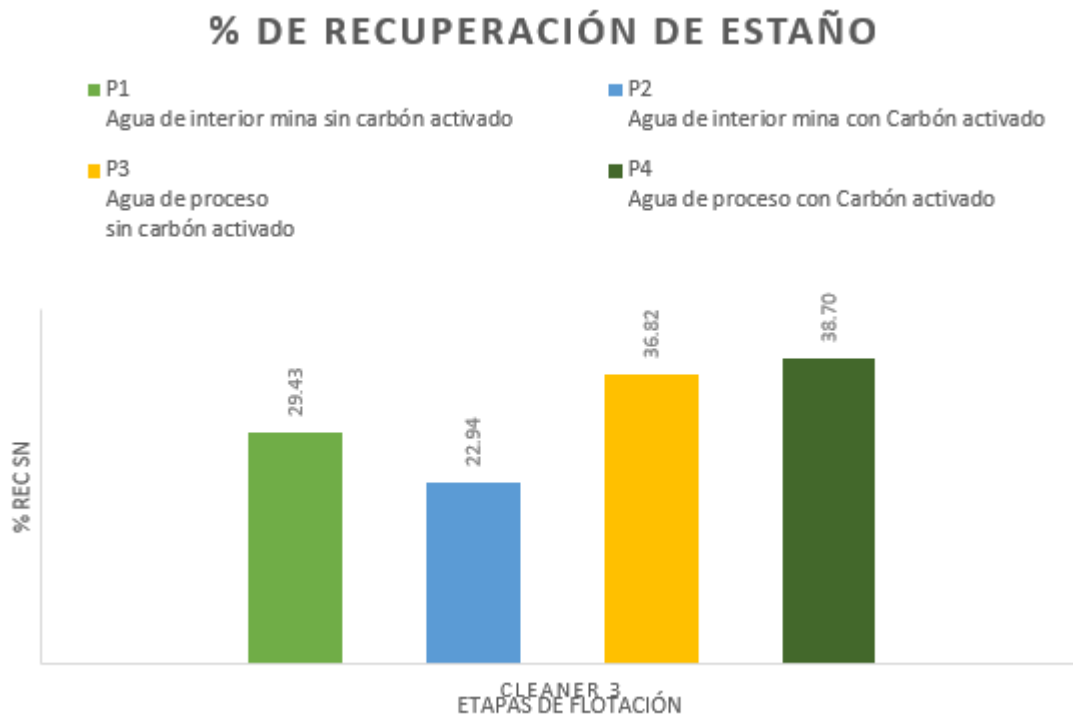


Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **PRUEBA NUMERO 1:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner II en donde se realiza la segunda limpieza de flotación con agua de interior mina sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 54.68%.
- **PRUEBA NUMERO 2:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner II en donde se realiza la segunda limpieza de flotación con agua de interior mina adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 53.69%.
- **PRUEBA NUMERO 3:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner II en donde se realiza la segunda limpieza de flotación, se agrega agua de proceso sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 51.15%.
- **PRUEBA NUMERO 4:** Al ejecutar la prueba de flotación en la etapa cleaner II en donde se realiza la segunda limpieza, se agrega agua de proceso adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 52.73%.

4.5.4 Etapa Cleaner II segunda limpieza del % de recuperación

Figura 12. % de recuperación de estaño flotación Cleaner 3



Del gráfico se precedente se observa lo siguiente:

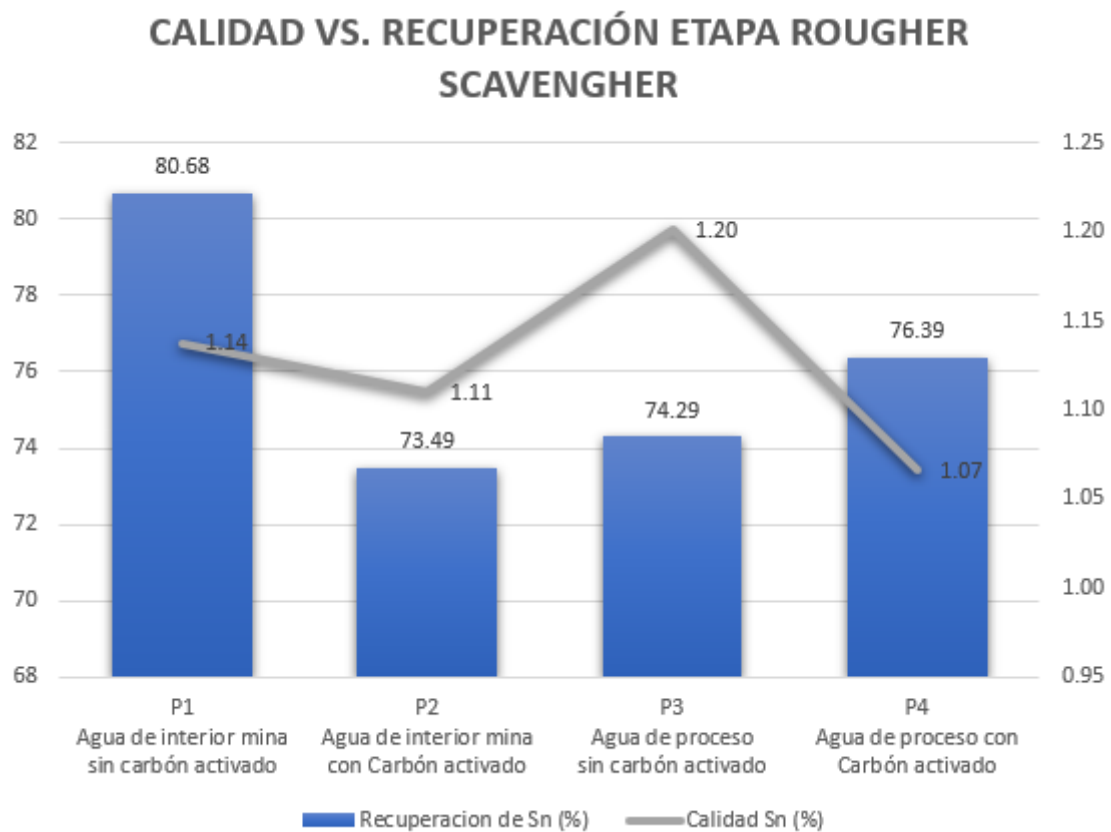
- **PRUEBA NUMERO 1:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner III en donde se realiza la tercera limpieza de flotación, se agrega agua de interior mina sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 29.43%.
- **PRUEBA NUMERO 2:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner III en donde se realiza la tercera limpieza de flotación, se agrega agua de interior mina adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 22.94%.
- **PRUEBA NUMERO 3:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner III en donde se realiza la tercera limpieza de flotación, se agrega agua de proceso sin adicionar carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 36.82%.

- **PRUEBA NUMERO 4:** Al ejecutar la prueba en la etapa cleaner III en donde se realiza la tercera limpieza de flotación, se agrega agua de proceso adicionando carbón activado y se genera una recuperación de estaño fino de 38.70%.

4.6 EVALUACION DE LA FLOTACIÓN CICLICA DE LA CASITERITA POR ETAPAS ENTRE LA CALIDAD VERSUS RECUPERACIÓN

4.6.1 Etapa Rougher y Scavenger calidad

Figura 13. Calidad y recuperación etapa Rougher



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **PRUEBA NUMERO 1:** En esta etapa lo más importante es generar la mayor recuperación posible para posterior a ello realizar la limpieza del concentrado, que

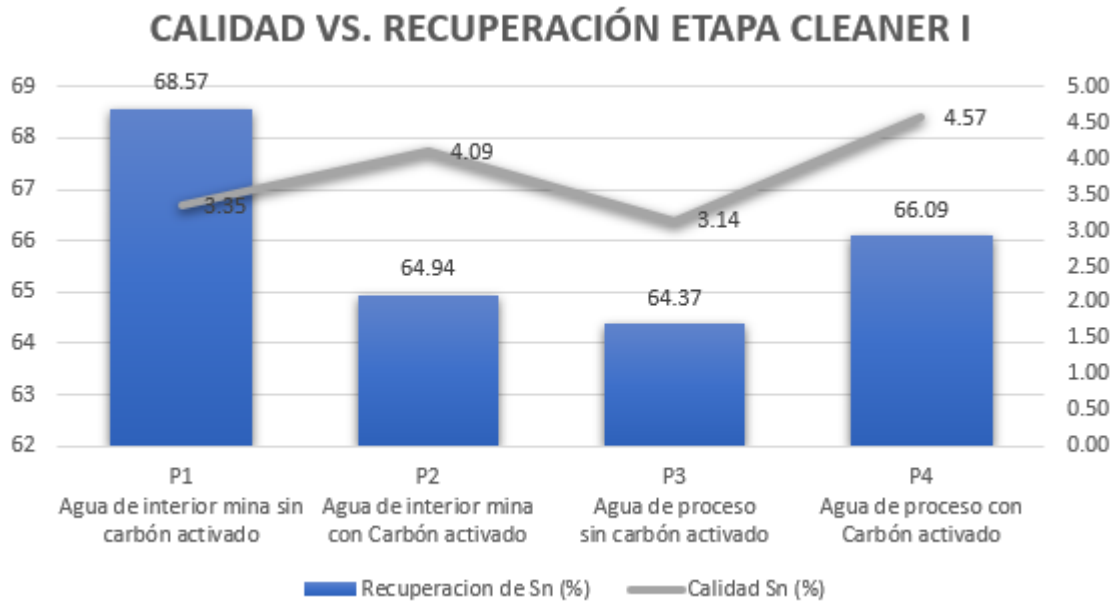


viene a ser flotación cleaner I de casiterita. Al realizar la prueba utilizando agua de interior mina sin adicionar carbón activado, genera una mayor recuperación de 80.68%, en esta etapa de flotación rougher y scavenger la calidad es deficiente y esto haciende a 1.14% de estaño fino.

- **PRUEBA NUMERO 2:** En esta etapa lo más importante es generar la mayor recuperación posible para posterior a ello realizar la limpieza del concentrado, que viene a ser flotación cleaner I de casiterita. Al realizar la prueba utilizando agua de interior mina adicionando carbón activado, genera una mayor recuperación de 73.49%, en esta etapa de flotación rougher y scavenger la calidad es deficiente y esto haciende a 1.11% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 3:** En esta etapa lo más importante es generar la mayor recuperación posible para posterior a ello realizar la limpieza del concentrado, que viene a ser flotación cleaner I de casiterita. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso sin adicionar carbón activado, genera una mayor recuperación de 74.29%, en esta etapa de flotación rougher y scavenger la calidad es deficiente y esto haciende a 1.07% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 4:** En esta etapa lo más importante es generar la mayor recuperación posible para posterior a ello realizar la limpieza del concentrado, que viene a ser flotación cleaner I de casiterita. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso adicionando carbón activado, genera una mayor recuperación de 76.39%, en esta etapa de flotación rougher y scavenger la calidad es deficiente y esto haciende a 1.20% de estaño fino.

4.6.2 Etapa Cleaner I primera limpieza

Figura 14. Calidad y recuperación etapa Cleaner 1



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

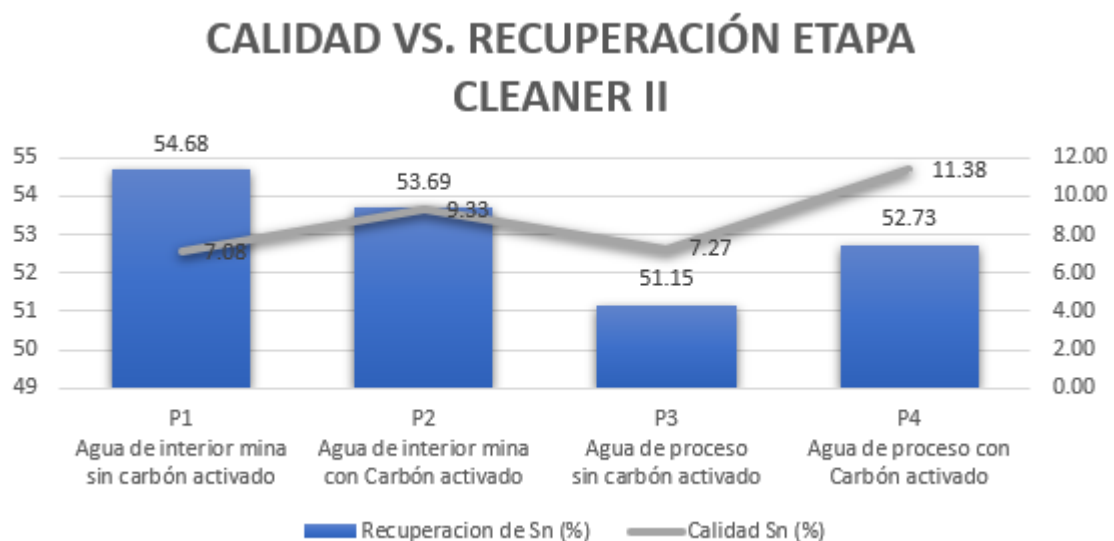
- **PRUEBA NUMERO 1:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado para la siguiente limpieza cleaner II junto con los remanentes Al realizar la prueba utilizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 68.57% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la ley se incrementa a 3.35% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 2:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado para la siguiente limpieza cleaner II junto con los remanentes Al realizar la prueba utilizando agua Polay adicionando carbón activado, genera una recuperación de 64.94% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la ley se incrementa a 4.09% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 3:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado para la siguiente limpieza cleaner II junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 64.37% de

concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la ley se incrementa a 3.14% de estaño fino.

- **PRUEBA NUMERO 4:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado para la siguiente limpieza cleaner II junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 66.09% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la ley se incrementa a 4.57% de estaño fino.

4.6.3 Etapa cleaner II segunda limpieza calidad

Figura 15. Calidad y recuperación etapa Cleaner 2



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

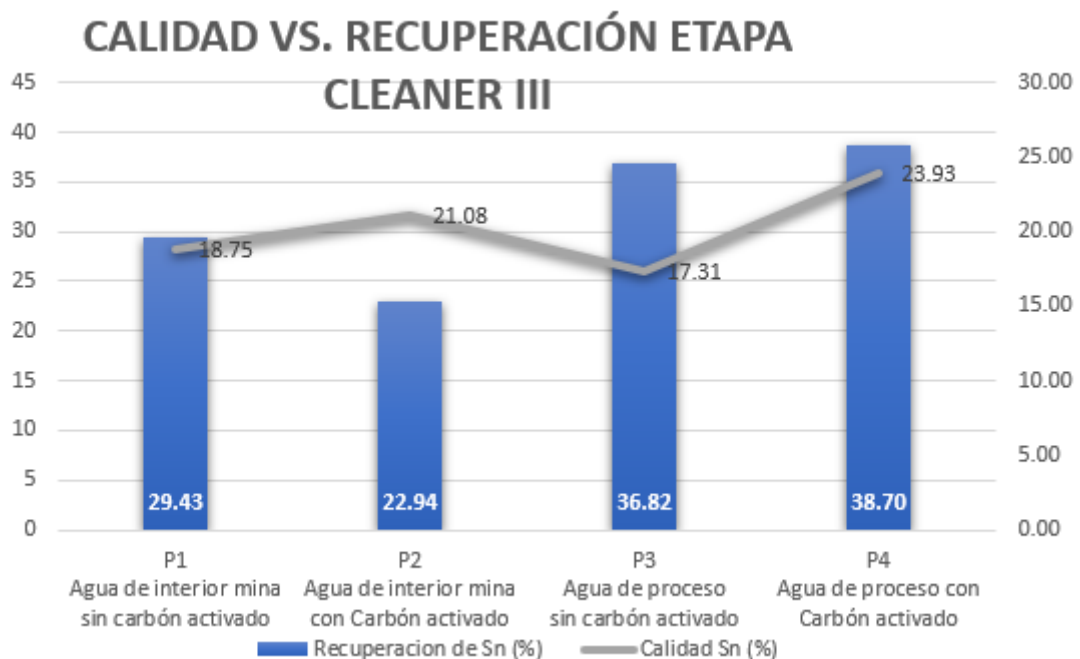
- **PRUEBA NUMERO 1:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado óptimo para la siguiente limpieza cleaner III junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 54.6% de



- concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 7.08% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 2:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado óptimo para la siguiente limpieza cleaner III junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 53.69% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 9.33% de estaño fino.
 - **PRUEBA NUMERO 3:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado óptimo para la siguiente limpieza cleaner III junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 51.15% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 7.27% de estaño fino.
 - **PRUEBA NUMERO 4:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado óptimo para la siguiente limpieza cleaner III junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 52.73% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 11.38% de estaño fino.

4.6.4 Etapa Cleaner III segunda limpieza calidad

Figura 16. Calidad y recuperación etapa Cleaner 3



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

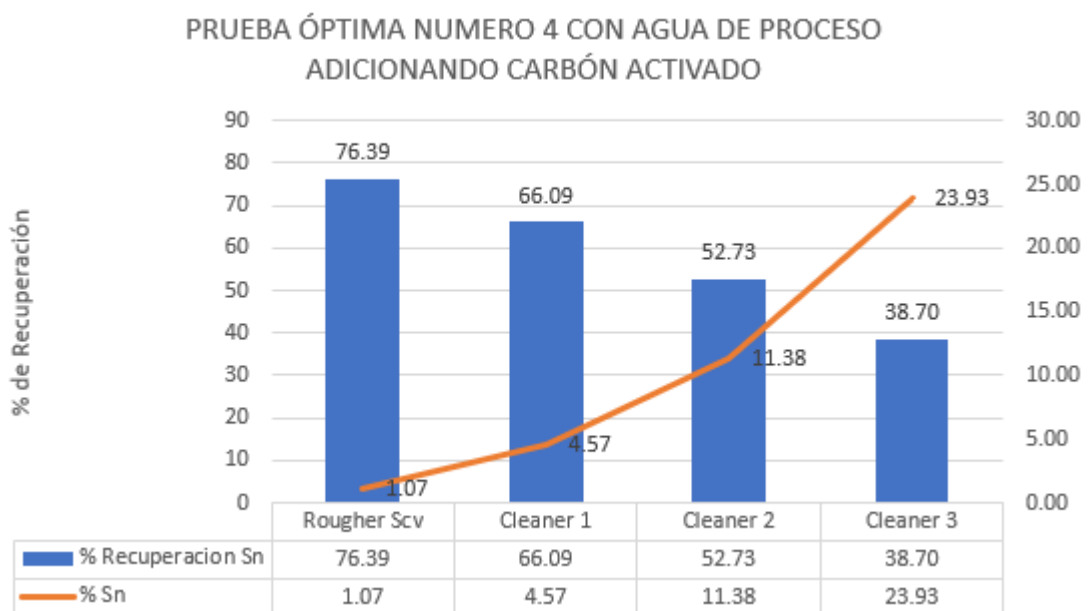
- **PRUEBA NUMERO 1:** En esta etapa final lo que se busca es obtener una recuperación óptima con la calidad requerida. Al realizar la prueba realizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 29.43% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner III la ley se maximiza a 18.75% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 2:** En esta etapa final lo que se busca es obtener una recuperación óptima con la calidad requerida. Al realizar la prueba realizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 29.94% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner III la ley se maximiza a 21.08% de estaño fino.
- **PRUEBA NUMERO 3:** En esta etapa final lo que se busca es obtener una recuperación óptima con la calidad requerida. Al realizar la prueba realizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 36.82% de

concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner III la ley se maximiza a 17.31% de estaño fino.

- **PRUEBA NUMERO 4:** En esta etapa final lo que se busca es obtener una recuperación óptima con la calidad requerida. Al realizar la prueba realizando agua Polay sin adicionar carbón activado, genera una recuperación de 38.70% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner III la ley se maximiza a 23.93% de estaño fino.

4.7 ANÁLISIS DE LA PRUEBA ÓPTIMA USANDO AGUA DE PROCESO ADICIONANDO CARBÓN ACTIVADO

Figura 17. Prueba óptima número 4 con agua de proceso adicionando carbón activado



Del gráfico precedente se observa lo siguiente:

- **ETAPA ROUGHER Y SCAVENGHER:** En esta etapa lo mas importante es generar la mayor recuperación posible para posterior a ello realizar la limpieza del concentrado, que viene a ser flotación cleaner I de casiterita. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso adicionando carbón activado, genera una mayor



recuperación de 76.39%, en esta etapa de flotación rougher y scavenger la calidad es deficiente y esto haciende a 1.07% de estaño fino.

- **ETAPA CLEANER I:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado para la siguiente limpieza cleaner II junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso adicionando carbón activado, genera una recuperación de 66.09% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 4.57% de estaño fino.
- **ETAPA CLEANER II:** En esta etapa lo que busca es eliminar las impurezas sin disminuir la recuperación generando un concentrado óptimo para la siguiente limpieza cleaner III junto con los remanentes. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso adicionando carbón activado, genera una recuperación de 52.73% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner I la calidad se incrementa a 11.38% de estaño fino.
- **ETAPA CLEANER III:** En esta etapa final lo que se busca es obtener una recuperación óptima con la calidad requerida. Al realizar la prueba utilizando agua de proceso adicionando carbón activado, genera una recuperación de 38.70% de concentrado, en esta etapa de flotación Cleaner III la calidad se maximiza a 23.93% de estaño fino.



CONCLUSIONES

PRIMERA: En la primera prueba de flotación cíclica ejecutado con agua de interior mina sin dosificar carbón activado, se obtiene una recuperación de 29.43% de concentrado con una la calidad óptima de 18.75% de estaño fino.

SEGUNDA: En la segunda prueba de flotación cíclica ejecutando con agua de interior mina dosificando en la etapa Cleaner I, 60 gramos por tonelada métrica seca de carbón activado, se obtiene una recuperación de 29.94% de concentrado con una la calidad óptima de 21.08% de estaño fino.

TERCERA: En la tercera prueba de flotación cíclica ejecutado con agua de proceso y no se realiza la dosificación de carbón activado por ende se obtiene una recuperación de 36.82% de concentrado con una la calidad óptima de 17.31% de estaño fino.

CUARTA: En la cuarta prueba de flotación cíclica ejecutando con agua de proceso y se realiza la dosificación en la etapa de Cleaner I, 60 gramos por tonelada métrica seca de carbón activado y se obtiene una recuperación de 38.70% de concentrado con una la calidad óptima de 23.93% de estaño fino.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda realizar pruebas con otros reactivos más específicos para subir la recuperación de materiales sulfurados y tener menos contaminantes y generando mayor calidad de concentrados.

SEGUNDA: Se sugiere que la investigación se realice a nivel industrial en las celdas de limpieza de casiterita DR-300 y analizar metalúrgicamente el comportamiento de las espumas y realizar un ensaye de la recuperación y calidad.

TERCERA: Se sugiere mayor importancia al rubro de investigación, que se puede la flotación de sulfuros y flotación de óxidos incorporando nuevas alternativas de procedimientos y patentar nuevos reactivos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, Y. (2018). *Evaluación del circuito de conminución y flotación de la planta concentradora de la empresa minera MINSUR S.A.* (tesis). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de ingeniería de procesos. Escuela profesional de ingeniería Metalúrgica.
- Asghar, A., Ahmad, H. y Behnam, F. (2015). Investigating the first-order flotation kinetics models for Sarcheshmeh copper sulfide ore. *International Journal Mining Science and technology*.
- Ata, S. y Jameson, G. (2005). The formation of bubble clusters in flotation cells. *Int. J. Miner. Process. International Journal Mineral Processing*.
- Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents: Chemistry, theory and practice: Volume 1: flotation of sulfide ores*.
- Dianzuo, W. (2015). *Flotation Reagents: Applied surface chemistry on minerals flotation and energy resources beneficiation*. Springer.
- Elgeta, H. (2020). *Importancia del proceso de flotación de minerales*
<https://www.metso.com/cl/blog/mining/the-importance-of-the-mineral-flotation-process>.
- Herpanucca, N. y Quispe, L. (2022) *Evaluación metalúrgica en el circuito de flotación de estaño fino en la unidad minera San Rafael* (tesis). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Escuela profesional de ingeniería Metalúrgica.



- Huerta, A., González, C. y Genesca, J. (2003). Cyclic voltammetry and dielectric studies on PbS–potassium ethyl xanthate–dextrine system under flotation and depression conditions. *Journal of Materials Technology*.
- Hughes, C. (2000). Enhanced, Flotation Reagents for Beneficiation of Phosphate Ores. *Mineral Engineering*.
- Quispe, V. (2019). *Estudio del tratamiento y análisis en laboratorio de minerales de casiterita* (tesis). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de ingeniería de procesos.
- Reza, M., Seher A. y Graeme, J. (2012). The effect of flotation variables on the recovery of different particle size fractions in the froth and the pulp. *International Journal Mineral Processing*.
- Salcedo, B. (2015). *Estudio para mejorar la recuperación de estaño mediante la flotación inversa de sulfuros en la planta piloto bofedal II de la unidad San Rafael MINSUR S.A.* (tesis). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de ingeniería de procesos. Escuela profesional de ingeniería Metalúrgica.
- Santhiya, D., Subramanian, S. y Natarajan, K. (2001). Surface chemical studies on sphalerite and salena using bacillus polymyxa II. Mechanisms of microbe-mineral interactions. *Journal of Colloid and Interface Science*.
- Shean, B. y Cilliers, J. (2011). A review of froth flotation control. *International Journal of Mineral Processing*.
- Trujillo, D. y Trujillo, L. (2020). *Optimización del proceso gravimétrico del concentrador Falcon para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en*



la mina San Rafael (tesis). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Escuela profesional de ingeniería Metalúrgica.

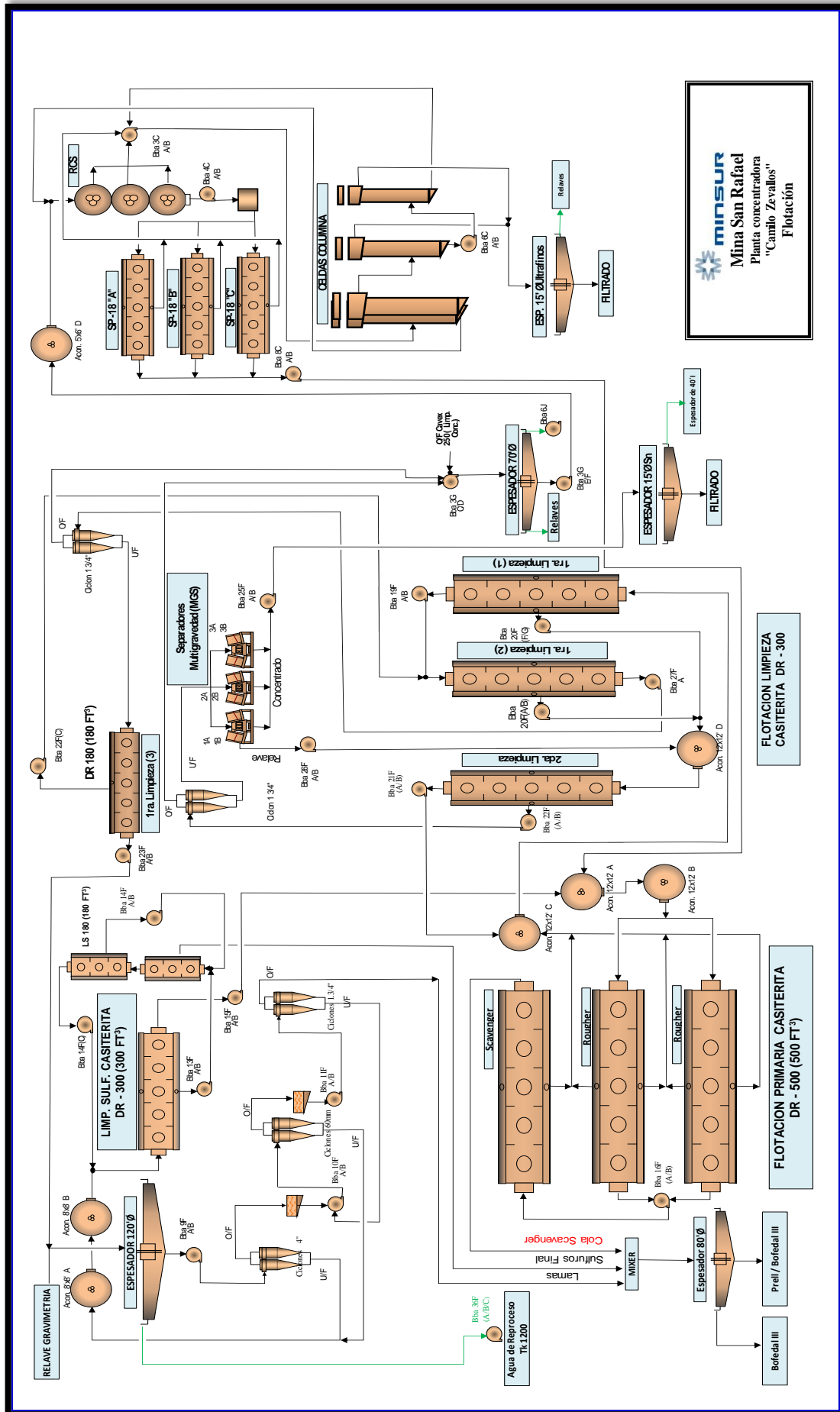
Vieira, A. y Peres, A. (2007). The effect of amine type, pH, and size range in the flotation of quartz. *Minerals Engineering*.

Vila, C. (2011). *Estudio del efecto del PH sobre el potencial de la pulpa y flotación de minerales sulfurados en la planta concentradora Chumpe de la Cia. Minera Corona S.A.* (tesis). Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales.

Wei, W., Kumar, A., Holuszko, M. y Mastalerz, M. (2017). Selection of reagents based on Surface chemistry as derived from micro-FTIR mapping of coal surface to facilitate selectivity in coal flotation. *The university of British Columbia*.



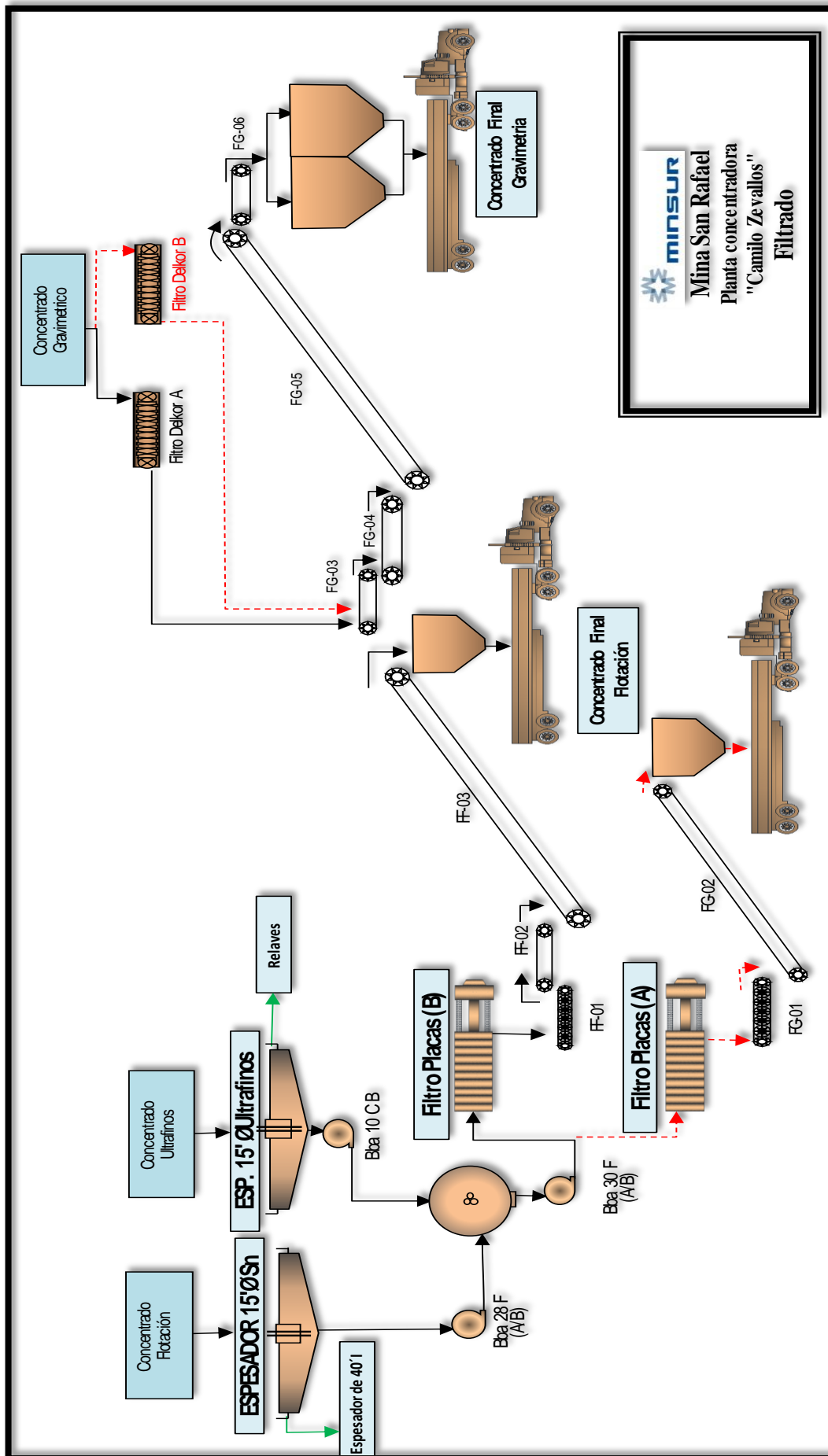
ANEXOS



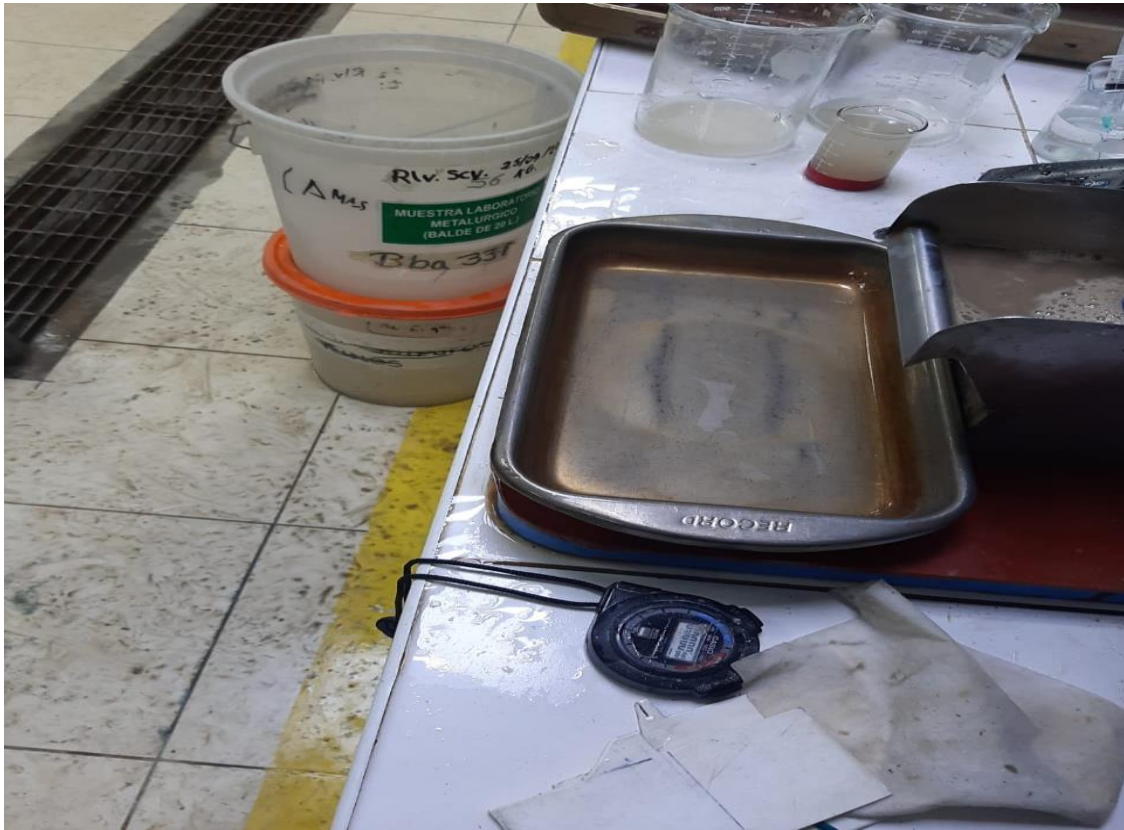
minsur
Mina San Rafael
Planta concentradora
"Camilo Zevallos"
Flotación

FLOTACION LIMPIEZA
CASITERITA DR - 300

FLOTACION PRIMARIA CASITERITA
DR - 500 (500 FT³)



minsur
Mina San Rafael
Planta concentradora
"Camilo Zevallos"
Filtrado



Prueba de flotación



Prueba de flotación



Laboratorio Metalúrgico.



Muestreo en planta



Unidad Minera San Rafael.



Planta San Rafael.



BUREAU
VERITAS

Inspectorate Services Perú S.A.C.
RUC: 20385739771
Av. Elmer Faucett N° 444, Prov. Const. del Callao, Perú

LABORATORIO DE ENSAYO

Informe de Ensayo N° SRMA20220033

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
MINSUR S.A.			
Bernini 149, Of. 501A San Borja, Lima 41, Perú			
U. M. San Rafael - Juliaca.			
INFORMACIÓN DEL CERTIFICADO		INFORMACIÓN DE LOS MÉTODOS	
Número de Orden de Trabajo	SRMA20220033	CODIGO DEL METODO	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
Fecha de Reporte	03/02/2022	ISP-616	DETERMINACION DE PARÁMETROS FÍSICOS
Material	Muestra de Agua	ISP-615	DETERMINACION DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA
Fecha de muestreo	02/02/2022	ISP-617	DETERMINACION DE METALES DISUELTOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA
Numero de Muestras	13		
Instrucciones de ensayo			
Presentación de las Muestras	En Frasco		
Procedencia de las Muestras	EFLUENTES		
Fecha de Recibido	02/02/2022		
Fecha de Inicio de Analisis	02/02/2022		
Referencia Cliente:			

COMENTARIOS
* Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA
Los resultados de ensayo solo son validos para las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras ha sido tomadas Inspectorate Services Perú S.A.C. no acepta la responsabilidad por las muestras dejadas en el laboratorio después de 90 días sin instrucciones escritas previas, para el almacenamiento o devolución de la muestra Material, Cliente, Nave, Unidad, Ref Lot, sellos de las muestras y procedencia de las muestras, es información proporcionada por el cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
Umpire assay: Au

Numero de Certificado	SRMA20220033
Fecha de Reporte	03/02/2022
Material	Muestra de Agua

ID CLIENTE	Estado de la Muestra	MÉTODO	-	ISP-616	ISP-616	ISP-616	ISP-617	ISP-615
		ANALITO	T	pH	Con	Tss	Fe-Dis	Fe
PESO/UNIDAD		°C		us/cm	ppm	ppm	ppm	
LIMITE DE CUANTIFICACION					<5	<0.03	<0.201	
P-4 7:30	Analizada	-	-	7.63	-	9	0.033	0.483
SR-37 8:00	Analizada	-	-	7.68	-	18	0.041	0.957
SR 14 8:30	Analizada	-	-	5.54	-	37	0.043	2.185
P-5 9:00	Analizada	-	-	7.09	-	33	0.093	0.730

Todos los servicios se prestan de acuerdo con los Términos y Condiciones Generales de Contratación de la Inspección, disponibles a pedido o en http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/bv_com/group/home/about-us/our-business/commodities/a



**BUREAU
VERITAS**

Inspectorate Services Perú S.A.C.
RUC: 20385739771
Av. Elmer Faucett N° 444, Prov. Const. del Callao, Perú

LABORATORIO DE ENSAYO

Informe de Ensayo N° SRMA20220033

ID CLIENTE	Estado de la Muestra	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd		
ACCESO 13 INGRESO B4	Analizada	-	-	6.81	-	7	0.063	0.732
Poza Filtracion B4 7:45	Analizada	-	-	8.28	-	38	<0.03	1.624
P-AC-06-B4 7:40	Analizada	-	-	10.28	-	64	0.042	2.313
CAIDA RAPIDA 7:50	Analizada	-	-	7.96	-	19	<0.03	0.607
P-4 15:30	Analizada	-	-	7.64	-	6	0.035	0.358
P-5 17:00	Analizada	-	-	6.96	-	476	0.043	7.375
SR 37 16:00	Analizada	-	-	7.43	-	215	0.033	12.475
SR 14 16:30	Analizada	-	-	5.20	-	676	<0.03	35.713
R-2 11:00	Analizada	-	-	7.69	-	14	0.118	0.523

ID CLIENTE	Estado de la Muestra	METODO	ISP-615	ISP-615	ISP-615	ISP-615	ISP-615
		ANALITO	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd
		PESO/UNIDAD	ppm	0.009	ppm	ppm	ppm
		LIMITE DE CUANTIFICACION	0.020	0.021	0.154	0.049	0.015
P-4 7:30	Analizada	-	0.059	0.033	<0.154	<0.049	<0.015
SR-37 8:00	Analizada	-	0.070	0.034	<0.154	0.054	<0.015
SR 14 8:30	Analizada	-	0.138	0.054	<0.154	0.448	<0.015
P-5 9:00	Analizada	-	0.091	0.038	<0.154	0.211	<0.015
ACCESO 13 INGRESO B4	Analizada	-	0.235	0.052	<0.154	0.222	<0.015
Poza Filtracion B4 7:45	Analizada	-	0.068	<0.021	<0.154	0.051	<0.015
P-AC-06-B4 7:40	Analizada	-	0.058	<0.021	<0.154	<0.049	<0.015
CAIDA RAPIDA 7:50	Analizada	-	0.058	0.028	<0.154	0.049	<0.015
P-4 15:30	Analizada	-	0.053	0.037	<0.154	<0.049	<0.015
P-5 17:00	Analizada	-	0.217	0.223	<0.154	0.333	<0.015
SR 37 16:00	Analizada	-	0.264	0.813	<0.154	0.329	<0.015
SR 14 16:30	Analizada	-	0.541	0.248	<0.154	0.619	<0.015
R-2 11:00	Analizada	-	0.277	<0.021	<0.154	0.084	<0.015

		Temp. °C	pH	Tss	Fe	Cu	Pb	Zn	Cd
LMP	DS 003-2010-MINAM-Domésticas	<35	6.5-8.5	150	-	-	-	-	-
LMP	DS 010-2010-MINAM (*)-Minero-Cualquier momento		(6-9)	50	2	0.5	0.2	1.5	0.05

Todos los servicios se prestan de acuerdo con los Términos y Condiciones Generales de Contratación de la Inspección, disponibles a pedido o en http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/bv_com/group/home/about-us/bur-business/commodities/a



**BUREAU
VERITAS**

Inspectorate Services Perú S.A.C.
RUC: 20385739771
Av. Elmer Faucett N° 444, Prov. Const. del Callao, Perú

LABORATORIO DE ENSAYO

Informe de Ensayo N° EF_SR20220003

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
MINSUR S.A.	
Bernini 149, Of. 501A San Borja, Lima 41, Perú	
U. M. San Rafael - Juliaca.	
INFORMACIÓN DEL CERTIFICADO	
Número de Orden de Trabajo	EF_SR20220003
Fecha de Reporte	23/02/2022
Material	Muestra de Agua
Fecha de muestreo	22/02/2022
Numero de Muestras	8
Instrucciones de ensayo	
Presentación de las Muestras	En Frasco
Procedencia de las Muestras	EFLUENTES
Fecha de Recibido	22/02/2022
Fecha de Inicio de Analisis	22/02/2022
Referencia Cliente:	
INFORMACIÓN DE LOS MÉTODOS	
CODIGO DEL METODO	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
ISP-616	DETERMINACION DE PARAMETROS FÍSICOS
ISP-615	DETERMINACION DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA
ISP-617	DETERMINACION DE METALES DISUELTOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA

COMENTARIOS
* Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA
Los resultados de ensayo solo son validos para las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras ha sido tomadas Inspectorate Services Perú S.A.C. no acepta la responsabilidad por las muestras dejadas en el laboratorio después de 90 días sin instrucciones escritas previas, para el almacenamiento o devolución de la muestra Material, Cliente, Nave, Unidad, Ref Lot, sellos de las muestras y procedencia de las muestras, es información proporcionada por el cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

Numero de Certificado	EF_SR20220003
Fecha de Reporte	23/02/2022
Material	Muestra de Agua

		MÉTODO	-	ISP-616	ISP-616	ISP-616	ISP-617	ISP-615
		ANALITO	T	pH	Con	Tss	Fe-Dis	Fe
		PESO/UNIDAD	°C		us/cm	ppm	ppm	ppm
ID CLIENTE	Estado de la Muestra	LIMITE DE CUANTIFICACION					<0.03	<0.201
Prell	Analizada	-	-	6.77	-	17	-	-
EBB 370	Analizada	-	-	6.00	-	16	-	-
EBB 130	Analizada	-	-	7.29	-	193	-	-
EBB 146	Analizada	-	-	7.30	-	42	-	-
EBB 253	Analizada	-	-	7.53	-	29	-	-

Todos los servicios se prestan de acuerdo con los Términos y Condiciones Generales de Contratación de la Inspección, disponibles a pedido o en http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/bv_com/group/home/about-us/our-business/commodities/a