



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**EVALUACIÓN METALÚRGICA EN EL CIRCUITO DE
FLOTACIÓN DE ESTAÑO FINO EN LA UNIDAD MINERA SAN**

RAFAEL

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. NELSON HERPANUCCA CHOQUELUQUE

Bach. LUIS MIGUEL QUISPE BRAVO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a dios por un día más de vida y seguidamente agradecer a mis padres mis hermanos, que nunca dejaron de creer en mi persona. Les dedico este resultado, en miras a seguir creciendo profesionalmente.

Gracias por los valores inculcados y por siempre creer en mí, Me han enseñado a ser la persona que soy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño.

Mis catedráticos que siempre estuvieron apoyándome, aun sabiendo que yo no ponía atención en clases, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

Nelson Herpanucca Choqueluque



A Dios todo Poderoso, quien es mi guía mi fortaleza, por darme la oportunidad de vivir, el ser y la sabiduría; siempre me ha ayudado a seguir adelante en todo momento.

A mis queridos padres, que siempre me apoyaron incondicionalmente, brindaron su confianza para seguir adelante e impulsar el cumplimiento de mis metas que me han motivado con sus consejos a realizar uno de mis primeros sueños.

A mis hermanas, por ser las personas que me motivaron denodadamente para seguir adelante.

Luis Miguel Quispe Bravo



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a la Universidad Nacional del Altiplano por habernos acogido en su seno y abrirnos la puerta al núcleo académico y científico para estudiar en la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica. Los conocimientos de los maestros e ingenieros nos han permitido desenvolver nuestra experiencia y desarrollo pre-profesional.

A nuestro director y asesor, quien no dudo en apoyarnos y asesorarnos en la elaboración de esta investigación y así la finalización exitosa de la presente tesis.

A los miembros del jurado por sus orientaciones, lo cual permitieron y quienes consolidaron aspectos muy importantes en la culminación de dicha tesis.

- Nelson Herpanucca Choqueluque
- Luis Miguel Quispe Bravo



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.2. JUSTIFICACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. Hipótesis general	16
1.4.2. Hipótesis específicas	16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	17
2.1.1. A Nivel Internacional.....	17
2.1.2. A Nivel nacional.....	17
2.1.3. A Nivel Local.....	21



2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Estaño	22
2.2.2. Índices metalúrgicos.....	31
2.2.3. Balance metalúrgico.....	31
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.3.1. Ubicación Política.....	34
3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	34
3.3. MUESTRA PARA CARACTERISTICACION DE MINERAL.....	36
3.4. RECURSOS NECESARIOS.....	36
3.4.1. Equipos.....	36
3.4.2. Materiales.....	37
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	37
3.5.1 Muestreo de punto para proceso de flotación.....	37
3.5.2. Preparación de muestra para análisis metalúrgico.....	37
3.5.3. Diseño Analítico.....	40
3.5.4. Métodos de investigación.....	40
3.5.5. Análisis químico del estaño en el circuito de flotación.....	41
3.5.6. Flotación de sulfuros gruesos y finos	41
3.5.7. Materiales.....	42
3.5.8. Herramientas	42
3.5.9. Reactivos	42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. RESULTADOS	44
4.1.1. OE1: Caracterizar el mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos. Para así conocer la ley y composición mineralógica.....	44
4.1.2. OE2: Evaluar diversos reactivos de flotación para incrementar la recuperación de estaño fino	47
4.1.3. Evaluación y cálculo de los efectos de las variables experimentales para la recuperación de Sn.....	51
4.1.4. Análisis de relave para la recuperación	53
V. CONCLUSIONES	56
VI. RECOMENDACIONES.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
VIII. ANEXOS	62

Área: Minería, procesamiento de minerales

Tema: Evaluación metalúrgica en el circuito de flotación de estaño fino.

Fecha de sustentación: 14 de octubre del 2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Muestras de estaño	23
Figura 2. Lingotes de estaño de la Empresa MINSUR.....	23
Figura 3. Mineral de Alta, Mediana y Baja Ley	23
Figura 4. Mapa de ubicación	35



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pruebas para determinar los reactivos que permiten recuperar estaño fino....	39
Tabla 2. Tratamientos en la etapa de ejecución de la investigación	41
Tabla 3. Masa de mineral.....	45
Tabla 4. Minerales que contiene estaño	46
Tabla 5. Media y desvest (desviación estándar de una muestra.) de minerales que contienen estaño.	47
Tabla 6. Variables controladas.....	50
Tabla 7. Matriz de diseño factorial	51
Tabla 8. Variables controladas.....	54
Tabla 9. Matriz de diseño factorial	54



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

IGN : Instituto Geográfico Nacional.

Km : kilómetro.

Max : Error máximo tolerable.

Min : Error mínimo tolerable.

Ppm : Partes por Millón.

% : Porcentaje.



RESUMEN

El trabajo de investigación “Evaluación Metalúrgica En El Circuito De Flotación De Estaño Fino En La Unidad Minera San Rafael” está siendo realizado con el fin de caracterizar el mineral que ingresa a la planta concentradora Camilo Zevallos. se plantea como objetivos: La caracterización de los elementos minerales que se encuentran asociados y forman parte de los minerales que se tratan en planta, permite identificar la composición del tipo de mineral existente con predominio de Casiterita, en presencia de diferentes impurezas. Evaluar el circuito de flotación de Estaño fino. En cuanto a la metodología, fue de tipo experimental, porque se recabó información, a partir de la evaluación metalúrgica en el circuito de flotación. La experimentación se realizó a través de pruebas de flotación en laboratorio, para ello se emplearon muestras que fueron representativas del mineral tratado. La investigación es de diseño analítico y longitudinal. Analítico porque se evaluará relaciones de variables o dimensiones. Y es longitudinal porque se realizarán distintas pruebas comparativas. Para este proceso, los pasos son los siguientes: preparación de muestras, pruebas de molienda, flotación. En cuanto a los resultados, Se determinó si la operación productiva de la planta concentradora, permite recuperar el estaño fino. Las conclusiones son las siguientes: 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.

Palabras clave: Circuito de flotación, estaño fino, evaluación metalúrgica, reactivos, recuperación.



ABSTRACT

The research work "Metallurgical Evaluation in the Fine Tin Flotation Circuit in the San Rafael Mining Unit" is being carried out in order to characterize the ore that enters the Camilo Zevallos concentrator plant. It is proposed as objectives: The characterization of the mineral elements that are associated and are part of the minerals that are treated in the plant, allows to identify the composition of the type of existing mineral with a predominance of Cassiterite, in the presence of different impurities present,. Evaluate the fine Tin flotation circuit. Regarding the methodology, it was experimental, because information was collected from the metallurgical evaluation in the flotation circuit. The experimentation was carried out through flotation tests in the laboratory, for which samples that were representative of the treated mineral were used. The research is of analytical and longitudinal design. Analytical because relationships of variables or dimensions will be evaluated. And it is longitudinal because different comparative tests will be carried out. For this process, the steps are as follows: sample preparation, grinding tests, flotation. Regarding the results, it was determined if the productive operation of the concentrator plant allows the recovery of fine tin. The conclusions are the following: the tin obtained by the flotation process is positive from the treatment with reagents, allowing the recovery of fine tin, the measurement with the Sodium Silicate and Sodium Fluorsilicate reagents and the AP-845 Collector are more precise and efficient. than the reagents: Z-11, AP-845 and pure MIBC.

Key words: flotation schemes, fine tin, metallurgical evaluation, reagents, recovery.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El proceso de concentración por flotación cumple un papel fundamental en la recuperación de minerales valiosos (Elgueta, 2020).

La flotación constituye un proceso metalúrgico que separa minerales de diferentes orígenes, creando una suspensión de producción de pulpas acuosas de acuerdo a las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas de cada mineral recuperado por los reactivos de flotación (Valdivia, 2014).

La cantidad de variables que afectan los resultados metalúrgicos obtenidos al aplicar este proceso a un mineral en particular es muy amplia. A menudo parece un procedimiento complejo según la naturaleza y propiedades de cada mineral.

La evaluación metalúrgica a nivel del circuito de flotación de estaño fino significa un proceso metalúrgico en el que se valora la separación de minerales de diferentes orígenes, utilizando reactivos para producir pulpa acuosa y de acuerdo a las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas de cada mineral recuperado.

Para el proceso de flotación los reactores más utilizados son celdas de flotación mecánica, neumáticas y de Columna siendo las más utilizadas las celdas mecánicas Denver Sub “A” agitair que por su operación y mantenimiento el costo es elevado, sin embargo, concurren otras opciones para la recuperación positiva de minerales, como el uso de centrífugas para recuperar estaño fino. Este dispositivo funciona aumentando la densidad específica.



La prueba metalúrgica a nivel de laboratorio evalúa el comportamiento y efecto de los reactivos utilizados para la recuperación de estaño y la posibilidad de realizar cambios con nuevos reactivos. Por lo tanto, se presenta el presente trabajo titulado “Evaluación metalúrgica en el circuito de flotación de estaño fino en la Unidad Minera San Rafael”. Esto permite a la metalurgia peruana mejorar el proceso de extracción de varios minerales y, en este caso, recuperar anotaciones y experiencias nuevas.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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 los reactivos y cambiando los parámetros propuestos. Las pruebas de valoración metalúrgica involucran principalmente la evaluación de novedosos reactivos que pueden suplir u optimizar los reactivos comúnmente usados.

Por otro lado, no se da la debida importancia a la identificación de muestras minerales que están asociados y forman parte del estaño, más aún si estos no tienen un valor rentable; por tanto, la identificación completa de los elementos asociados que se tratan en la planta, permite recuperar el estaño fino.

Asimismo, no está claro las propiedades mineralógicas de la producción de estaño por concentración de flotación y si este trabajo es positivo. Esta información es relevante porque puede parecerse a anotaciones microscópicas. Los tratamientos se realizan con reactivos y se comparan con la recuperación en el momento óptimo.



1.2. JUSTIFICACIÓN

La evaluación realizada en el circuito de flotación para recuperar de Estaño fino en la Unidad Minera San Rafael, permitió conocer nuevas alternativas de recuperación de estaño.

En el campo teórico, se realizó una búsqueda e inspección general sobre la importancia de la evaluación metalúrgica en el circuito de flotación, debido a que la data existente fue contrastada con los resultados que se obtuvieron de la actual investigación.

Desde un punto de vista ambiental, la optimización minimiza los impactos ambientales, que pueden causar problemas.

Técnicamente, los sistemas existentes se pueden adaptar a las modificaciones mineralógicas de la mina. Preservar y/o mejorar la recuperación del elemento de interés (discusiones con otros estudios en este caso).

Desde una perspectiva económica, esto puede significar evaluar el ahorro de costos y mantener o mejorar la producción de estaño.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el circuito de flotación de Estaño fino en la Unidad Minera San Rafael.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos para así conocer la ley y composición mineralógica.



- Evaluar diversos reactivos de flotación para incrementar la recuperación de estaño fino

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

La evaluación del circuito de flotación permite recuperar estaño fino en la Unidad Minera San Rafael.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La Caracterización del mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos permite conocer la ley y composición mineralógica.
- La evaluación de diversos reactivos de flotación permite incrementar la recuperación de estaño fino



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A Nivel Internacional

Mollinedo (2016), realizó estudio analítico donde planteó las siguientes conclusiones: Aplicación de los lineamientos mineros en relación con el desarrollo del mineral de relaves e inversiones mineras, refinación del mineral de estaño y plata y estado de acuerdo al modelo económico metalúrgico desarrollado. Impacto positivo en los ingresos del gobierno. El capítulo 6 establece que por cada millón de bolivianos que invierten en el manejo de esta deuda ambiental, los ingresos del gobierno de COMIBOL se incrementarán en un 8,4%.

2.1.2. A Nivel nacional

Apaza (2018), señaló que las pruebas de referencia a nivel industrial evalúan la operación productiva de las plantas de enriquecimiento. Metodológicamente, es un estudio sugerente. Se extraen las siguientes conclusiones: El reembolso esperado es el costo libre de operar la mina. Esto se debe a que un aumento en la producción debido a una mayor extracción no significa un aumento en la cantidad de carga extraída de la mina. Las reservas positivas aumentan significativamente con los relaves existentes y las leyes de relaves. En general, la introducción de este nuevo proceso de tratamiento puede extender la vida útil de la mina y explotar depósitos de los que carece el sistema existente.

Quispe (2019), planteó la metodología es un estudio experimental. Se llegó a las siguientes conclusiones: En pruebas de laboratorio se ha observado que se logra una



buena recuperación por flotación usando parámetros y reactivos. Las variaciones en la replicación central se deben a las diferentes capacidades y controles de las celdas de flotación de Denver. En los ensayos pilotos de flotación se determinó las condiciones de operación y el tipo de colector del sistema. 70 % de recuperación, 22 % de contenido de Sn, pH 2,5, muestreador de aerosol 22, espuma de MIBC (metilisobutilcarbinol), dispersante de silicato de sodio al 1 %, ajustador de pH de ácido sulfúrico comercial. El concentrado de estaño contiene el 87,40% de los elementos inactivos recuperados durante la flotación de casiterita. EL sistema de control estadístico factorial 2^k , puede evaluar la forma de las interacciones y variables utilizadas. El modelado matemático se reconstruye cuando la extracción de Sn es mínima.

Torres (2016), planteó que es un estudio experimental, se realizó una prueba de flotación experimental. Se llegó a la siguiente conclusión: El aumento de la extracción y la producción son costos gratuitos de operar una mina. Esto se debe a que la recuperación esperada no incluye un aumento en la cantidad de carga recuperada de la mina. La población de ovejas aumentará significativamente a través de la preservación de los desechos y relaves existentes. En general, la introducción de este nuevo proceso de enriquecimiento aumentará la vida útil de la mina al abrir el acceso a los depósitos de mineral que actualmente faltan en el sistema. La derivación y la solubilidad de la casiterita se pueden atribuir a la inhibición de algunos de estos potenciadores de la solubilidad, por ejemplo, en presencia de W y Fe o Ta y Fe en presencia de otras impurezas presentes en la red cristalina. Su impulso. Por el contrario, las impurezas que reducen la flotabilidad, como Nb, W y Ta, tienen un efecto positivo en la flotabilidad. Por lo tanto, las propiedades de suspensión de la casiterita dependen de la cantidad de hierro, tantalio y tungsteno presente.



Salcedo (2015), planteó un estudio experimental. Se seguirán procedimientos apropiados para lograr resultados de pruebas de laboratorio que estén razonablemente cerca de las especificaciones metalúrgicas de la planta. Llegué a las siguientes conclusiones: Se mejoró la calidad del concentrado final (promedio 52,34% Sn) y el uso de flotación inversa incrementó la recuperación de estaño de los relaves (95,55-99,45%). El proceso de flotación se puede evaluar al pH correspondiente, con tendencia a ser más neutro (6,19), lo que permite una mejor flotación inversa para los sulfuros. Cuando las medidas del tamaño de las partículas tienden a ser más finas, el efecto del contenido de sólidos (30,41 %) se ve facilitado por el reflujo de sulfuro. En estudios posteriores, altas dosis (2 ml) de xantogenato Z-11 aumentaron la concentración de sulfuro. Mejora la pureza del concentrado de estaño final.

Cjanahuri (2017), planteó como objetivo: evaluar el proceso de flotación de estaño. Metodológicamente, se trata de un estudio experimental. En la flotación de mineral de estaño en el San Rafael-MINSURS.A. la tasa de recuperación alcanzó el 49,57% sin cambiar el reactivo, la red fue del 75% a 200 y el reactivo fue el más grande de Z-11. Se concluyó que se mantuvo la dosis. 39,9 g/t, AP-845 96 g/t y MIBC puro 24,2 g/t. Tin Float, aumenta la recuperación en más de un 60% al sustituir el reactivo por silicato de sodio y fluorosilicato de sodio a dosis de 93 y 96 g/t. Colector AP-845 a una capacidad de 96 g/t. Esta variable múltiple AP-845 es muy importante, ya sea cambiando o reemplazando el reactivo. La interacción de las variables 2 y 3, que corresponden a Z-11 y AP-845, es Importante para la recuperación de estaño y las tres variantes seleccionadas, pero menos importante para la flotabilidad sin cambiar los reactivos. Al interactuar con variables que alteran los reactivos, la interacción de AP-845 con fluorosilicatos y tres variables seleccionadas, incluidos los silicatos, es importante.



Quispe (2017), en su estudio señala que los parámetros clave que afectan la tasa de recuperación de cobre en los procesos de flotación estandarizados utilizando metales y flotación de minerales de cobre en la Veta Carmen. Se utilizó el método experimental. Se realizaron once experimentos (pruebas de flotación) y se concluyó que las principales características fueron el cambio de tres parámetros instrumentales: distribución del tamaño de partículas, % de penetración - malla 200. dosis Z-11-g/tm. Capacidad MMDC-g/tm. Mediante el diseño de variables instrumentales y experimentos se obtuvo un patrón matemático que interpreta el procedimiento ensayado. Posteriormente, el patrón se usa para que en seguida suceda la recuperación de mineral de sulfuro de cobre de la veta Carmen y para determinar la recuperación óptima. El análisis de varianza muestra que la distribución del tamaño de partículas (1), xantogenato (2), MIRC (3) y estas interrelaciones 1 y 2, 2 y 3 y 1,2,3 son importantes. Porque F_0 es superior que F en la tabla. La posibilidad p inferior que α (grado de significación) de la misma manera refleja la significancia de las interacciones con las variables anteriores. R^2 es 0,99984, cercano a 1, lo que indica que el modelo matemático concuerda con el experimento.

Valdivia (2014), indica que este estudio tiene un carácter experimental. Llegué a las siguientes conclusiones: De esto se puede concluir que la extracción de estaño como concentrado en el paso de optimización está influenciada principalmente por la distribución del tamaño de partícula y el grado de mezclado. Se pueden lograr índices de recuperación más altos aumentando el grado de licuado y reduciendo el grado de mezclado. El rendimiento de estaño obtenido de la investigación preliminar del proyecto podría incrementarse de 88.7% a 92.57% a nivel de laboratorio. Hemos optimizado las variables clave que tienen el mayor impacto, como: B. Aumentar la suavidad al 82 %: malla de 400 Tyler y mezcla y mezcla a 914,7 RPM. Debido a que otras variables no



afectaron significativamente la tasa de recuperación de estaño, el nivel promedio se mantuvo desde el inicio.

2.1.3. A Nivel Local

Carcausto (2019), planteó en cuanto a la metodología, es un estudio técnico y experimental sobre la metodología de aprovechamiento de bajo grado sobrecargado mineral de estaño utilizando tecnología de clasificación de mineral en División Minera San Rafael Se llegó a las siguientes conclusiones: Se optimizó el gasto de capital (Capex) de \$23.481.623 a \$22.297.643 utilizando tecnología de clasificación de mineral para extraer estaño residual Unidad Minera San Rafael - MINSUR S.A. 2019 Clasificación de Mineral de Recuperación de Estaño Costos Operativos de Tecnología (Opex) optimizados de \$561,294.39 a \$505,165.82 en Unidad Minera San Rafael-MINSUR S.A con una diferencia de \$56,128.57.- 2019.

Trujillo (2020), planteó como metodología es un estudio experimental. Mis conclusiones son las siguientes: Al final de las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio, la recuperación máxima de estaño fino de los relaves utilizando el método de análisis gravimétrico Falcon fue del 56,42 % y con un tamaño de partícula de 15 micras, la medición de la distribución del tamaño de partícula aumentó en 7 0,6%. En comparación con la recuperación del nivel experimental, la pendiente es del 63,23 %, la distribución del tamaño de las partículas es de 16 y el tiempo es de 175 segundos. Optimiza la recuperación de 7,6% de estaño fino de relaves. Comenzamos alimentando la suspensión a un concentrador centrífugo Falcon Weight Analytical con un tamaño de partícula de 22 micras y logrando una distribución de tamaño de partícula óptima de 15 micras. Para determinar el tiempo óptimo de recuperación



Ccoto (2018), planteó que la mejora continua de piezas, seguridad y protección del medio ambiente. Metodológicamente, es un estudio de evaluación. Llegué a la siguiente conclusión. Varios métodos de perforación larga pudieron aclarar aún más el ciclo de producción (perforación, voladura, transporte, apoyo, transporte, relleno) y determinar los retrasos operativos para cada proceso. Cumplimos con los requisitos de seguridad y medio ambiente. Al considerar los diferentes tipos de estructuras y depósitos en el sector minero de San Rafael, pudimos explicar y comparar métodos de minería. Por lo tanto, decidimos cómo obtener el máximo beneficio financiero del negocio minero. El orden en que se aplican las técnicas de minería tiende a sopesar el caso base frente al método propuesto como la mejor alternativa.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Estaño

Según el Instituto de Mineralogía Geológica de España (2010), el estaño es un elemento que se encuentra principalmente en la casiterita (el estaño contiene más del 85%). La primera aleación desarrollada por el hombre, el bronce, contenía entre un 3 y un 20 % de estaño y el resto era mayoritariamente cobre. El uso de esta aleación fue muy relevante para el hombre debido a que hubo un período llamado Edad del Bronce (2000 a. C.), pero existen reportes de herramientas como el hacha Miran Otzi del 3300 a. C. C. La aleación de bronce descubierta en 1991 en los Alpes italianos fue adoptada por todas las civilizaciones que la descubrieron porque es superior al hierro en casi todos los valores excepto en el acero y representa la buena aleación más innovadora en la historia de la humanidad. Algunos de sus usos se encuentran en la fabricación de herramientas, armas y diversos materiales de construcción, como mosaicos y paneles decorativos que utilizan piedra o calcopirita para una dureza y durabilidad sin precedentes.



Figura 1. Muestras de estaño
Fuente: Chacón (2021).



Figura 2. Lingotes de estaño de la Empresa MINSUR
Fuente: Energiminas (2021).

Como características organolépticas de color, se tiene que existen dos tipos de estaño: el gris y el blanco. El estaño blanco es la versión más frecuente. Este componente tiene el foco de fundición más bajo de los elementos químicos del grupo 14.



Figura 3. Mineral de Alta, Mediana y Baja Ley
Fuente: Cjanahuiiri (2017).



2.2.1.1. Ocurrencia del estaño

Existen grandes reservas solo en países como Malasia, China, Tailandia, Indonesia, Brasil, Perú, Bolivia, Rusia, Australia y Sudáfrica. Sin embargo, Nigeria y el Reino Unido producen actualmente muy poco estaño. Alrededor de dos tercios de todo el estaño se extrae mediante el dragado. Los placeres pueden tener un valor inferior al 0,02 % de Sn, y las partículas de SnO₂ son mucho más densas que las de la marcha, por lo que seguirán funcionando. Los recortes planos a menudo se desmantelan hidráulicamente (usando chorros de agua a alta presión). La minería profunda es relativamente costosa y poco atractiva a menos que haya otros valores disponibles (Joffré, 2009).

2.2.1.2. Flotación

Según Salcedo (2015), la flotación de casiterita se realiza a través de una flotación directa que consta de las siguientes etapas:

- Flotación Rougher
- Flotación Scavenger
- Flotación Cleaner.

Perales (2015) señala que la flotación es un proceso selectivo utilizado con el fin de realizar una separación efectiva de minerales complejos con base en las diferentes propiedades superficiales de cada mineral. Asimismo, Es el método más eficiente de tratamiento de minerales y el más utilizado de todos los métodos existentes, pero en muchos sentidos es el más difícil.

Este proceso se basa en la unión selectiva de minerales en la pulpa acuosa a las burbujas introducidas en la misma. Los minerales ligados a la espuma se separan como espuma mineral y forman un concentrado, el resto permanece en la pulpa.



La flotación por espuma es un proceso físico-químico en el que se concentran minerales finamente distribuidos. Este proceso involucra un tratamiento físico - químico en el mineral para generar condiciones favorables a ciertas partículas minerales y se adhieran a las burbujas. Su propósito es separar las especies minerales que se separan de la pulpa acuosa utilizando sus propiedades afines al agua (hidrofílicas) o repelentes (hidrofóbicas). Los minerales útiles constituyen una pequeña porción del mineral, y los minerales no valiosos representan la mayor parte.

El carácter hidrofílico de las partículas minerales hace que sean más fáciles de humedecer y eventualmente suspenderse y asentarse en la pulpa. La hidrofobicidad, o repulsión, evita la humectación de partículas minerales, por tanto, tiende a flotar y que pueden adherirse a las burbujas y elevarse.

2.2.1.3. Estaño en la región Puno

San Rafael es la mina de estaño más grande de Sudamérica y la cuarta mina de estaño más grande del mundo. Se ubica en el departamento de Puno, en los Andes orientales a una altitud de 4500 m.s.n.m.

La empresa Minsur S.A. ha entrado en operaciones desde 1977, y en la actualidad produce cerca del 10% del estaño del mundo. Desde su fundación, ha favorecido al progreso regional, ha generado capitales, recursos y empleos para beneficio de la población local y ha impulsado planes de progreso sustentable.

San Rafael es el modelo de la sustentabilidad de la industria del estaño y en particular opera con los estándares más altos en cuanto a lo ambiental y a la seguridad (MINSUR, 2021).



2.2.1.4. Obtención de estaño mediante flotación en la Mina San Rafael

Apaza (2018) afirmó que la materia prima de la mina San Rafael es mineral de estaño del yacimiento Filonia. El concentrado de estaño se encuentra en la casiterita, que es dióxido de estaño (SnO_2) y su composición se analiza como Sn 78,6 % y O 21,4 %. En estanita ($\text{S}_4\text{Cu}_2\text{FeSn}$) S es 29,9%, Cu 29,5%, Sn - 27,5%, Fe - 13,1%. Es el primero en ser identificado como el único mineral de estaño comercialmente significativo. Extremadamente raro como componente principal de rocas ígneas y pegmatitas, pero mucho más común en vetas de cuarzo y granitos.

Los minerales auxiliares más importantes son silicatos, cuarzo, pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, antimonita y fluorita. Asimismo, la presencia de Mn, Fe, Ta y Nb, asignan a la casiterita una gama de tonalidades que van del marrón al negro (Universidad de Alicante, 2020).

Según Bodega y Ares (2017), la flotación se realiza utilizando derivados del ácido fosfórico como colectores para obtener estaño fino por flotación sobre casiteritas muy finas. Se puede lograr una recuperación del 70% con este método. Un concentrado al 40% es un 20% y un concentrado de Sn al 1-8% es un 50%, requiriendo este último el uso de unidades volátiles.

San Rafael procesa mineral de casiterita (SnO_2) a razón de 2.900 toneladas por día con una ley promedio de 2,4% y una tasa de recuperación de 89%. Se utilizan dos métodos de tratamiento: Beneficio inverso de casiterita y análisis de masa de flotación directa (MINSUR, 2018).



2.1. Proceso de producción de concentrado (Sn) en la minera San Rafael

a) Minado

En el minado se ejecuta la metodología de extracción “Sub Level Stopping”, así como con una opción de perforación larga (agujero de voladura grande/ Large Blast Hole). Ideal para este tipo de depósito de roca de sellado duro y potente.

b) Proceso de planta

- Circuito de chancado

La roca extraída en la mina se somete a un proceso de trituración de tres etapas para reducir el tamaño del mineral.

- Circuito de gravimetría y flotación

Con este material se inicia el proceso de concentración másica del aparato (concentración gravimétrica en jigs) y se extrae una media del 50% del contenido de estaño.

El concentrado en el sedimentador es post-molido y se lleva a cabo la flotación de sulfuros básicos. Según la propia investigación de MINSUR, este proceso se considera erróneamente no rentable porque los ciclos distintos al re-flushing empujan la ley al medio y es poco probable que sean cuestionados 60% Sn. La investigación actual subraya este proceso de flotación.

El exceso de material se envía a un tanque de espesamiento donde se recolecta el agua para su reutilización.



c) Circuito de filtrado

Los concentrados gravimétricos y de flotación directa se filtran y secan en filtros de banda y prensa.

d) Despacho

El concentrado se almacena y embolsa en bolsas de 1250-1500 kg, se forma en lotes de 30 toneladas y se envía a la fundición de Pisco.

2.2.1.5. Reactivos

Estos son químicos que ayudan a extraer sulfuros valiosos, inhiben la roca estéril y la vuelven insoluble (Salcedo, 2015). Los reactivos permiten recuperar elementos importantes en cada uno de los concentrados. Para entender mejor las funcionalidades definidas de cada reactivo, se pueden dividir en tres grupos. Espumante, colector y modificador. Después de eso, examinaremos todo lo relacionado con los reactivos químicos con gran detalle. Ya sabemos que las celdas de flotación contienen agua, aire, minerales y reactivos. Estos reactivos son sustancias asociadas a uno o más elementos preciosos, pero no a otros elementos. Por ejemplo, hay reactivos que aman el aire, pero no el agua. Hay otros que son solidofílicos al mismo tiempo aerofílico, también existen reactivos capaces de modificar el carácter hidrofóbico al mineral, pH.

Según Salcedo (2015), los reactivos, se clasifican de la siguiente manera:

- **Espumante.** Su objetivo es crear espuma capaz de retener la espuma mineralizada hasta que se recupere en una máquina de flotación (celda).
- **Colector.** Es el principal reactivo que se utiliza durante el proceso de flotación.
- **Modificadores.** Son inhibidores, activadores, dispersantes, etc.



2.2.1.6. Reactivos de flotación

Los reactivos de flotación juegan un papel importante. Una vez agregados, cumplen funciones específicas, separando los minerales valiosos de la roca estéril (Salcedo, 2015). Sin embargo, el uso correcto de estos reactivos no siempre es una tarea fácil debido a los muchos problemas técnicos involucrados en el proceso. La efectividad del reactivo en flotación depende en gran medida de la composición y composición mineralógica del mineral, ya sea que se utilice como agente de captura o como propulsor. La selección y combinación correcta de cada tipo de reactivo específico es un gran desafío para el metalúrgico encargado del trabajo (Salcedo, 2015).

2.2.1.7. Colectores

Los colectores se clasifican por los grupos funcionales o tipos de minerales que recolectan. Un colector no polar o no ionizado es un reactivo que no tiene un grupo polar. Son altamente hidrofóbicos y se utilizan en la flotación de minerales altamente hidrofóbicos como carbón, grafito, azufre y molibdenita.

Por otro lado, el colector de iones contiene grupos funcionales polares hidrofílicos (iones colectores alineados y adsorbidos en la superficie del mineral) unidos a cadenas hidrocarbonadas (fragmentos no polares hidrofóbicos enfrentados a la fase gaseosa). Cuando se disocian en agua, los iones son aniones o cationes. Como resultado, se pueden distinguir dos tipos de colectores de iones: cationes y aniones.

El colector de aniones disocia y combina radicales y grupos polares para formar aniones, dejando cationes en solución. Se dividen en hidroxilos como ácidos carboxílicos (ácido graso), sulfatos y sulfonatos e hidruros como xantogenatos, tiofosfato y tiocarbanatos.



Un sedimentador o inhibidor es un reactivo que reduce la flotabilidad de un metal haciendo que su superficie sea más resistente al agua (hidrofílica) o evitando la adsorción en el colector. Entre ellos se encuentran el cianuro de sodio o cianuro de calcio, el cromato, el dicromato y el sulfuro de sodio.

2.2.1.8. Espumantes

Son reactivos orgánicos heteropolares, similares a los colectores de iones en su estructura, su diferencia radica en la característica del grupo polar que en el colector actúa para reaccionar con la superficie de los minerales en el agente espumante, es el grupo con gran afinidad por agua. Permite la formación de una espuma estable y burbujas de tamaño adecuado para transportar los minerales al concentrado. (Cjanahuiri, 2017). El tamaño de las burbujas y su estabilidad dependerán del tipo de agente espumante utilizado, ya que a medida que aumenta el agente espumante, el diámetro de la espuma disminuirá para brindar la mayor área de contacto con la misma cantidad de aire. Aumenta debido al aumento del espesor de la película.

2.2.1.9. Modificadores o reguladores

Los reguladores o los llamados modificadores pueden considerarse como la clase más importante de productos químicos en el procesamiento de minerales, se utilizan para controlar la interacción de las sustancias que ingresan a los minerales. Su aplicación aumenta o disminuye la adsorción selectiva de adsorbentes a minerales específicos para lograr su separación. Bajo diversas condiciones, aparecen como activadores o depresores. Dependiendo de sus propiedades funcionales, los modificadores reaccionan con las superficies de los minerales, así como con los colectores e iones presentes en la pulpa. Para proporcionar una adsorción selectiva por colector, el modificador en sí debe ser selectivo. (Choquegonza, 2021).

2.2.2. Índices metalúrgicos

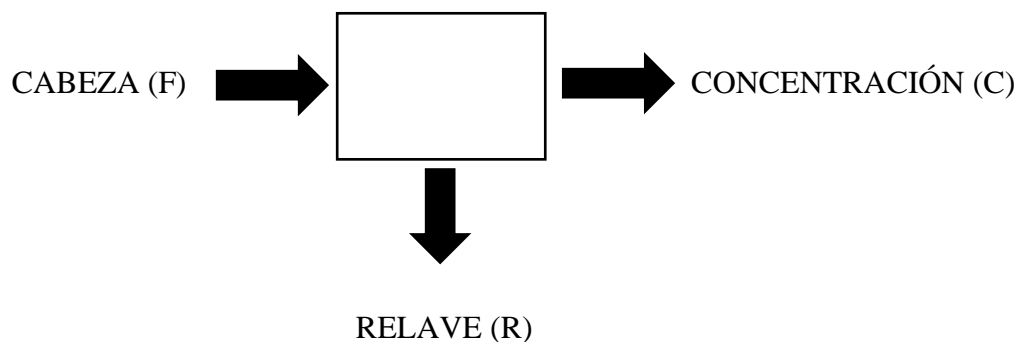
Como menciona Oswaldo Bustamante (2008), la estimación técnica de los métodos de concentración de minerales o sólidos particulados se realiza a través de índices mineralógicos, los cuales son números adimensionales que precisan la eficacia de la separación verificada en una o varias etapas de concentración, además de proporcionar indagación para el escalamiento en el dimensionamiento de equipos y/o plantas de concentración.

Ahora bien, basándonos en los métodos metalúrgicos para obtener un cálculo de índices correcto, es necesario que éstos se encuentren respaldados por un balance de masa en el proceso de separación, caso contrario, pueden generar números absurdos o incoherentes que desvíen el análisis de los circuitos de concentración (Yin, 2016).

El balance general debe darse de acuerdo a elemento valioso tanto en la cabeza, el concentrado y el relave.

2.2.3. Balance metalúrgico

Recuperación en peso ($\%R_{peso}$)



Cabeza (F): Mineral que proviene directamente de la mina que alimenta a la planta de tratamiento, basado en un elemento de interés.



Concentrado (C): Producto final valioso económico obtenido del tratamiento con ley enriquecida luego de haber pasado por su respectivo proceso.

Relave (R): Es el material inerte económicamente o también llamado colas.

Los índices metalúrgicos más importantes son:

Recuperación: Este término se refiere a la eficiencia y rendimiento del proceso de flotación. Es decir, es la parte de mineral valioso que obtenemos en el concentrado, con respecto del mineral valioso en el mineral de cabeza. (Choquegonza, 2021).

$$R = \frac{C_c}{F_f} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Si se sustituye en la formula (1) el valor de C/F en función de las leyes,

$$R = \frac{(f - t)}{(c - t)} \times \frac{c}{f} \times 100$$

se obtiene:

Ley razón de enriquecimiento: Este término se refiere indirectamente a la selectividad del proceso. Es una representación directa de la cantidad de toneladas de mineral primario que tenemos que procesar en la planta de concentrado para obtener una tonelada de concentrado. Por lo tanto, esta relación es un número que indica cuántas veces se ha concentrado el mineral valioso en el mineral.

Balance de material: $F = C + T \dots\dots\dots(1)$

Balance de metal: $Ff = Cc + Tt \dots\dots\dots(2)$

Multiplicando la ecuación (1) por t y restando de la ecuación (2), se obtiene lo siguiente:

$$Ft = Ct + Tt$$

$$F(f - t) = C(c - t)$$



De donde se obtiene la razón de concentración, es decir:

$$K = \frac{F}{T} = \frac{(c - t)}{(f - t)}$$

Balance de masa

$$F = C + T$$

Balance de finos

$$Ff = Cc + Tt$$

Balance de Agua

$$Wf = Wc + WT$$

% Recuperación

$$\%R = \frac{\text{fino concentrado}}{\text{fino alimentacion}} \times 100 = \frac{Cc}{Ff} \times 100$$

Razón de enriquecimiento

$$\text{Razon de enriquecimiento} = \frac{C}{F}$$



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.3.1. Ubicación Política

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

- Paraje : Quenamari
- Distrito : Antaauta
- Provincia : Melgar
- Departamento: Puno
- País : Perú

3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La altitud de la mina oscila entre los 4500 y los 5200 m.s.n.m., coordenadas geográficas 70°19'19"O y 14°13'45"S; y coordenadas UTM 357.730E y 8'426570N.

Esto se puede ver en el mapa a continuación.

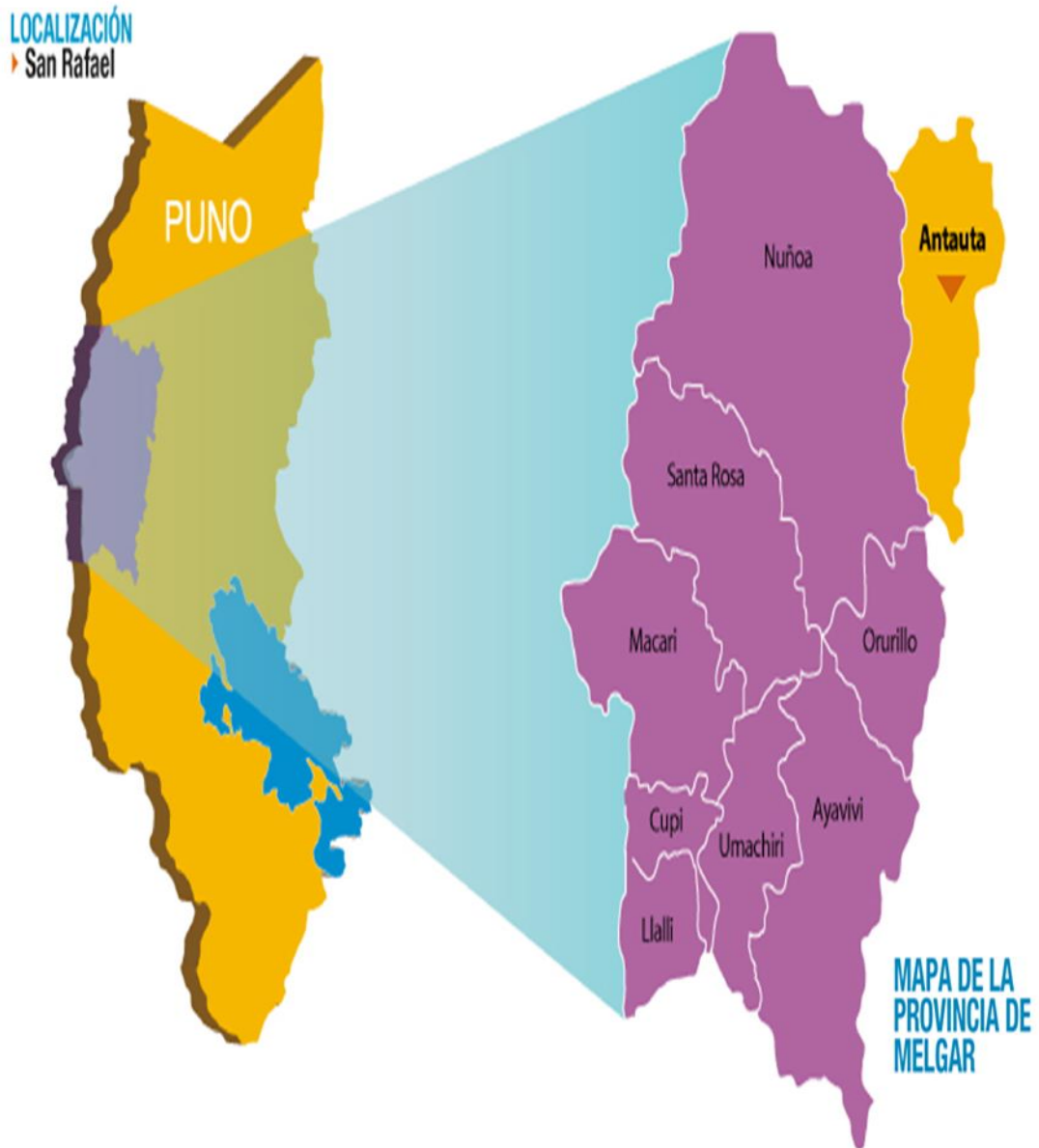


Figura 4. Mapa de ubicación



3.3. MUESTRA PARA CARACTERISTICACION DE MINERAL

Para la presente investigación, se usa 11 muestras provenientes de mina para el análisis característico del mineral correspondiente, interior mina (Empresas AESA, EXPLOMIN).

Composición química: La muestra se analizó por un analizador de fluorescencia de rayos x (XRF), marca (ElvaX Plus) es un espectrómetro XRF de mesa que sirve para realizar análisis cualitativo y cuantitativo operativo de la composición de aleaciones metálicas, polvos, líquidos, sedimentos en elementos filtrantes, bioensayos, alimentos al contenido de elementos químicos, desde Na (número atómico $Z=11$) hasta U ($Z=92$) en amplia gama de concentraciones. El analizador está equipado con un sistema de suministro de helio y cambio de filtros, lo que, en combinación con el nuevo detector Fast SDD, permite analizar elementos ligeros con alta sensibilidad.

3.4. RECURSOS NECESARIOS

Al realizar la evaluación de los reactivos de flotación a nivel laboratorio, se necesitará.

- Laboratorio de preparación mecánica de muestras.
- Laboratorio Químico para ensayos de muestras.

3.4.1. Equipos

- Campanas de extracción de polvo.
- Balanza.
- Horno.
- Potenciómetro digital.

3.4.2. Materiales

- Mineral de Casiterita.
- Reactivos.
- Agua de proceso

3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.5.1 Muestreo de punto para proceso de flotación

El muestreo se realizará en el acondicionar 8X8 A (Relave De Gravimetría).



Se tomó un total de 24 kg aproximadamente de mineral de alimentación a acondicionador 8X8 A.

3.5.2. Preparación de muestra para análisis metalúrgico

La muestra recolectada de acondicionar 8X8 A (aproximadamente 24 kg).



Se realiza la preparación de la muestra para determinaremos el porcentaje de sólidos, la gravedad específica y densidad de pulpa para poder determinar el peso necesario en las pruebas.

$$\%S = \frac{PESO SECO}{PESO HUMEDO} \times 100$$

$$G.E. = \frac{P3}{(P2 - P1) - (P4 - P3 - P1)}$$

P1: Peso de fiola vacía

P2: Peso de fiola enrasada con agua

P3: Peso de mineral

P4: Peso de mineral más agua enrasada

Una vez determinada el % de sólidos y la G.E. con estos datos calculamos la densidad de pulpa.

$$Dp = \frac{1000}{1 - \left(\left(\frac{\%S}{100} \right) \times \frac{(G.E. - 1)}{G.E.} \right)}$$

Con estos resultados obtenidos la densidad de pulpa, el porcentaje de sólidos y el volumen de celda de flotación es de 2.2 litros, calculamos el peso de muestra necesaria para cada prueba.

$$Peso Muestra = \frac{(vol\ de\ celda) \times (\%S) \times (Dp)}{100}$$



Luego de haber obtenido el % de sólidos, la gravedad específica, la densidad de pulpa. Se calcula el peso de muestra necesaria para cada prueba. Que nos dio como resultado. 1,300 kg. para cada prueba en un total de 11 pruebas.

Para ello se requirieron pruebas conjuntas:

Tabla 1.

Pruebas para determinar los reactivos que permiten recuperar estaño fino

Reactivo patrón (control o testigo)	Reactivos a evaluar (propuesta)
Zi: MIBC	Zi: AP – 845 (g/t)
Z2: Z-11 (g/t)	Z2: Silicato de Sodio (g/t)
Z3: AP - 845 (g/t)	Z3: Fluorsilicato de Sodio (g/t)
Homogenización: 75% malla -200	
Dosificación: como mínimo 19, 34, 92, y con un máximo de 24, 39, 96.	

Los métodos apropiados arrojaron resultados muy próximos a la conducta metalúrgica de la planta. El proceso y/o método se detalla a continuación:

- Toma de muestra.
- Preparaciones de las muestras
- Prueba de aplastamiento o molienda.
- Prueba de flotabilidad.

Las implicaciones metalúrgicas de varias propiedades del mineral deben definirse claramente para poder seleccionar adecuadamente muestras representativas para la experimentación.



3.5.3. Diseño Analítico

La investigación es de diseño analítico porque se evaluará relaciones de variables o dimensiones y es longitudinal porque se realizarán distintas pruebas comparativas.

Las pruebas comparativas considerarán los siguientes criterios de evaluación:

Criterios de evaluación tanto en zonas nuevas como en explotación.

Los criterios que se manejaron para evaluar los resultados fueron: Grado de diseminación, amarre por sulfuros, grado de alteración por empañamiento, ley de mineral (grado de mineral)

3.5.4. Métodos de investigación

El método de investigación es hipotético deductivo debido a que nos planteamos hipótesis y mientras se realiza la experimentación, vamos deduciendo resultados. Para este proceso, los pasos son los siguientes:

- Preparación de muestras: Se peso 1,300 kg de concentrado para las pruebas metalúrgicas.
- Pruebas de molienda: Se pulveriza el concentrado hasta llegar a una malla - 200 al 75%.
- Flotación: se dosifico los siguientes reactivos AP-845, MICB, Z-11 para luego proceder con el cambio de reactivo, que se menciona a continuación AP-845, silicato de sodio y fluorsilicato de sodio, estos 2 últimos como depresores.

3.5.5. Análisis químico del estaño en el circuito de flotación

Se hizo analizar la composición química de los elementos que acompañan al estaño, con el propósito de realizar una limpieza de contaminantes que presentan óxido.

3.5.6. Flotación de sulfuros gruesos y finos

Este es uno de los métodos más selectivos para separar compuestos de elementos sulfurosos. La especiación durante la flotación se debe a la diferencia en las propiedades fisicoquímicas de cada superficie.

Tabla 2.

Tratamientos en la etapa de ejecución de la investigación

Tratamiento	Definición	Requerimiento
1er tratamiento	Consiste en determinar la caracterización del mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos	<ul style="list-style-type: none">- Evaluación mineralógica.- Evaluación metalúrgica (evaluación geológica, de reservas, procesos, estudios económicos).- Otro tipo de evaluación.
2do tratamiento	Consiste en determinar la mejor alternativa para mejorar la recuperación Estaño a partir de la flotación, con el uso de reactivos.	<ul style="list-style-type: none">- Reactivo patrón (control).- Reactivo a evaluar (experimento).- Comparación en gramos.
3er tratamiento	Consiste en determinar el mejor estudio óptimo para recuperar Estaño a partir de la flotación con el uso de reactivos.	<ul style="list-style-type: none">- Reactivo patrón (control).- Reactivo a evaluar (experimento).- Comparación en tiempo óptimo.



3.5.7. Materiales

- Bandeja
- Paleta plástica
- Paleta metálica
- Pipeta de 2, 5 y 10 ml.
- Tubos de ensayo (probeta)
- Vasos de precipitado
- Cubas de plástico

3.5.8. Herramientas

- Pulverizadores Rocklabs.
- Celda unitaria de Flotación DENVER (1 Kg)
- Molino de Bolas 8.75"x6.75" (LxD) Bolas 1" (10Kg)
- Bascula electrónica (Máximo 5, 00 gr.)
- Calentador y/o estufa

3.5.9. Reactivos

- Reactivos usuales (controlados o testigos):
 - MIBC
 - Z-11



- AP-845

- Nuevos reactivos (experimentación):

- AP-845
- Silicato de sodio (Na_2SiO_3)
- Fluorsilicato de sodio (Na_2SiF_6)

Actividad de gabinete:

Para el procesamiento de la información se organizó una base de datos en hojas de cálculo de Excel. Se sistematizó la información considerando los objetivos y utilizando el programa Stata y SPSS versión 25.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. OE1: Caracterizar el mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos. Para así conocer la ley y composición mineralógica.

En los estudios actuales de caracterización de minerales, una muestra de lote de ML consta de N fragmentos que son comparables cuando todas las combinaciones de N se seleccionan con la misma probabilidad para configuraciones de muestra de MS (N muestra) de 11 grupos.

4.1.1.1. Caracterización del mineral

La muestra contiene una media del 4 por ciento, en peso de Sn, esencialmente en forma de casiterita, junto con minerales que se consideran ganga; como cuarzo, ortocamosita, ferrosaponita, muscovita y similares. También tienen un 91,4% de superficie libre en peso.



Tabla 3.

Masa de mineral

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Quartz	52.565 1	49.872 0	52.276 7	54.797 4	53.046 9	55.604 7	52.755 9	55.299 7	57.966 1	54.996 3	52.178 7
Cassiterite	8.5004	8.0649	8.4538	8.8614	8.5783	8.9919	8.5313	8.9426	9.3738	8.8936	8.4379
Orthochamosite	13.975 5	13.259 5	13.898 8	14.569 0	14.103 6	14.783 6	14.026 2	14.702 5	15.411 5	14.621 9	13.872 8
Hematite impura	1.4764	1.4008	1.4683	1.5391	1.4899	1.5618	1.4818	1.5532	1.6281	1.5447	1.4655
Ferrosaponite	4.7665	4.5223	4.7404	4.9689	4.8102	5.0421	4.7838	5.0145	5.2563	4.9870	4.7315
Pyrrhotite	0.1343	0.1274	0.1336	0.1400	0.1355	0.1421	0.1348	0.1413	0.1481	0.1405	0.1333
Muscovite	0.1542	0.1463	0.1534	0.1607	0.1556	0.1631	0.1548	0.1622	0.1700	0.1613	0.1531
Arcilla Impura	0.1233	0.1170	0.1226	0.1285	0.1244	0.1304	0.1237	0.1297	0.1360	0.1290	0.1224
Orthoclase	0.1634	0.1550	0.1625	0.1703	0.1649	0.1728	0.1640	0.1719	0.1802	0.1710	0.1622
Hematite/Magnetite	1.0034	0.9520	0.9979	1.0460	1.0126	1.0614	1.0070	1.0556	1.1065	1.0498	0.9960
Fluorite	1.3434	1.2746	1.3360	1.4005	1.3557	1.4211	1.3483	1.4133	1.4814	1.4055	1.3335
Albite	0.0044	0.0042	0.0044	0.0046	0.0044	0.0047	0.0044	0.0046	0.0049	0.0046	0.0044
Chalcopyrite	10.892 2	10.334 2	10.832 4	11.354 8	10.992 0	11.522 0	10.931 7	11.458 8	12.011 4	11.396 0	10.812 1
Illite	0.1452	0.1378	0.1444	0.1514	0.1465	0.1536	0.1457	0.1528	0.1601	0.1519	0.1441
Pyrite	3.2942	3.1254	3.2761	3.4341	3.3244	3.4847	3.3062	3.4656	3.6327	3.4466	3.2700
Pyrrhotite oxidada	0.3874	0.3676	0.3853	0.4039	0.3910	0.4098	0.3888	0.4076	0.4272	0.4053	0.3846
Schorl	0.0354	0.0336	0.0352	0.0369	0.0357	0.0374	0.0355	0.0372	0.0390	0.0370	0.0351
Rutile	0.0353	0.0335	0.0351	0.0368	0.0356	0.0373	0.0354	0.0371	0.0389	0.0369	0.0350
Andesine	0.0056	0.0053	0.0056	0.0058	0.0057	0.0059	0.0056	0.0059	0.0062	0.0059	0.0056
Calcite	0.2614	0.2480	0.2600	0.2725	0.2638	0.2765	0.2623	0.2750	0.2883	0.2735	0.2595
Apatite	0.0038	0.0036	0.0038	0.0040	0.0038	0.0040	0.0038	0.0040	0.0042	0.0040	0.0038
Ferberite	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
Magnesiogedrite	0.0716	0.0679	0.0712	0.0746	0.0723	0.0757	0.0719	0.0753	0.0790	0.0749	0.0711
Biotite	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Holmquistite impuro	0.0319	0.0303	0.0317	0.0333	0.0322	0.0337	0.0320	0.0336	0.0352	0.0334	0.0317
Arsenopyrite	0.1723	0.1635	0.1714	0.1796	0.1739	0.1823	0.1729	0.1813	0.1900	0.1803	0.1710
Ilmenite	0.0035	0.0033	0.0035	0.0036	0.0035	0.0037	0.0035	0.0037	0.0039	0.0037	0.0035
Zircon	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Fayalite	0.0351	0.0333	0.0349	0.0366	0.0354	0.0371	0.0352	0.0369	0.0387	0.0367	0.0348
Wurtzite	0.1252	0.1188	0.1245	0.1305	0.1263	0.1324	0.1257	0.1317	0.1381	0.1310	0.1243
REE-Ca	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Plumbogummitte	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Galena	0.0243	0.0231	0.0242	0.0253	0.0245	0.0257	0.0244	0.0256	0.0268	0.0254	0.0241
Stannite	0.2633	0.2498	0.2619	0.2745	0.2657	0.2785	0.2643	0.2770	0.2904	0.2755	0.2614
Chalcocite/Digenite	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Discusión:

En la presente investigación se encontró una diferencia estadística en la medición de características de mineral, en las muestras seleccionadas. Al respecto, existe un estudio con resultados en los que también existe diferencia de medidas y predominio de composición química de elementos. Así en el estudio de Torres (2016), sus muestras estuvieron conformadas por estaño (0.91%), Cobre (0.26%), Fierro (12.41%), Oxido de silicio (58%), Azufre (1.46%), Aluminio (13.61%), Mercurio (11.21%), Sodio (0.19%), Calcio (0.19%), Manganeso (0.14%), Boro (0.13%), otros (0.64%).

En relación a los minerales que contienen estaño, se pudo observar valores totales de las muestras estudiadas (Ver tabla 3). Existe un índice superior de casi el 100% en Casiterita. La casiterita tiende a ser el óxido de estaño, que puede ser incolora, marrón, marrón oscuro, incolora, verde o gris, de brillo adamantino, transparente, translúcido u opaco.

Tabla 4

Minerales que contiene estaño

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Casiterite	98.8332	98.7696	98.2910	96.2552	98.1803	97.6733	97.6691	97.1375	98.8212	98.6046	97.6552
Stannite	1.1543	1.0952	1.1480	1.0892	1.0544	1.1052	1.0486	1.0991	1.1521	1.0931	1.0371
Rhodostannite	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Ferrokassiterite	0.0113	0.0107	0.0112	0.0107	0.0103	0.0108	0.0103	0.0108	0.0113	0.0107	0.0102
Suredaite	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0011	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En relación a los valores de tendencia central (ver tabla 3), los minerales que contienen estaño, se pudo observar un predominio de Casiterita en las 11 muestras de estudio, con un promedio de 98.17%, con una desvest de 1.07. Estos valores confirman la importancia de este mineral que según los procesos de extracción y depuración mineralógica constituye en la materia prima del estaño. En segundo lugar, se observó



Stannite que en las 11 muestras arrojó un promedio de un 1,1% con una desvest de 0,04, como mineral de la clase de los minerales sulfuros.

Tabla 5.

Media y desvest (desviación estándar de una muestra.) de minerales que contienen estaño.

Mineral	Media	Desvest
Casiterite	98.17184	±1.07017
Stannite	1.09784	±0.04101
Rhodostannite	0.00029	±0.00001
Ferrokesterite	0.01075	±0.00040
Suredaite	0.00103	±0.00007

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. OE2: Evaluar diversos reactivos de flotación para incrementar la recuperación de estaño fino

4.1.2.1. Ensayos de flotabilidad a escala de laboratorio

En la presente investigación se tomó una muestra de pulpa de relave. Esto comienza a partir del relave del proceso de recuperación por el método gravimétrico. Para esto el punto principal de muestreo fue, el (acondicionador 8 x 8^a). Las pruebas experimentales en flotabilidad brindan información preciada sobre los beneficios metalúrgicos y económicos de los minerales. Esta importancia sugiere que debe hacerse de manera sistemática, utilizando conocimientos, habilidades, capacidades y, lo que es más importante, el ingenio y la imaginación basados en experiencias a fin de resolver dificultades a cerca de la conducta de los minerales en cada variable presente.

Para simplificar el desarrollo, debemos seguir una secuencia continua de información y experimentos y documentar en detalle nuestras observaciones e intereses, evaluando las variables expuestas en la metodología.



Los procesos de experimentación deben partir de un adecuado muestreo de configuración, que pueden cambiar en el proceso según la extensión, el objetivo de la eficacia de la prueba y la capacidad y/o destreza del examinador y/o inspector.

En cuanto al muestreo, éste fue por conveniencia de N fragmentos que tuvieron la parecida y/o idéntica posibilidad de formar un modelo y/o patrón MS (modelo y/o patrón de N fragmentos) respecto a 11 grupos.

Se determinó el porcentaje de sólidos, la gravedad específica y densidad de pulpa para poder determinar el peso necesario en las pruebas.

$$\%S = \frac{PESO SECO}{PESO HUMEDO} \times 100$$

$$\%S = \frac{1080.6}{2508.8} \times 100 = 43\%$$

$$G.E. = \frac{P3}{(P2 - P1) - (P4 - P3 - P1)}$$

P1: Peso de fiola vacía

P2: Peso de fiola enrasada con agua

P3: Peso de mineral

P4: Peso de mineral más agua enrasada

$$G.E. = \frac{75.65}{(365.58 - 110.85) - (413.73 - 75.65 - 110.85)} = 2.75$$

Una vez determinada el % de sólidos y la G.E. con estos datos calculamos la densidad de pulpa.

$$Dp = \frac{1000}{1 - \left(\left(\frac{\%S}{100} \right) \times \frac{(G.E. - 1)}{G.E.} \right)}$$

$$Dp = \frac{1000}{1 - \left(\left(\frac{43}{100} \right) \times \frac{(2.75 - 1)}{2.75} \right)} = 1376.72$$

Con estos resultados obtenidos la densidad de pulpa, el porcentaje de sólidos y el volumen de celda de flotación es de 2.2 litros, calculamos el peso de muestra necesaria para cada prueba.

$$Peso Muestra = \frac{(vol\ de\ celda) \times (\%S) \times (Dp)}{100}$$

$$Peso Muestra = \frac{(2.233) \times (43) \times (1376.72)}{100} = 1301$$

Luego de haber obtenido el % de sólidos, la gravedad específica, la densidad de pulpa. Se calcula el peso de muestra necesaria para cada prueba. Que nos dio como resultado. 1301 gr. En un total de 11 pruebas.

4.1.2.2. Evaluación de muestras con reactivos

En la evaluación de reactivos, se hizo sobre muestras poblacionales o por lotes, lo que significa un muestreo de minerales. A diferencia del muestreo estadístico, que difiere del muestreo estadístico en que los pesos de las muestras son diferentes, a veces se considera muestreo sintético porque es un método especial para obtener una muestra representativa.



Para la evaluación, se tomó una muestra de pulpa del relave del proceso de concentración por gravimetría (acondicionador 8 x 8^a) durante un lapso de 8 horas, lo que dio como resultado un peso de muestra de aproximadamente 24 kg que se llevó a un laboratorio de análisis y ensayos de metales (Lab. metalúrgico) y se procedió a lavar, para así eliminar los reactivos restantes; para su posterior evaluación e identificación.

4.1.2.3. Estudio estadístico de pruebas de flotabilidad de Sn sin variación de reactivos

Las variables de control son: MIBC, Z-11 y AP-845, fluorsilicatos con recuperación de %Sn como reacción.

Tabla 6.

Variables controladas

Variab les	Min	Max
Z1: MIBC	19	24.3
Z2: Z-11 (g/t)	34	39.6
Z3: AP - 845 (g/t)	92	96.3

Por lo tanto, tiene una matriz para ayudarlo a implementar su diseño en el proceso de evaluación de la antorcha de captura de Sn.

DISEÑO FACTORIAL

Se utiliza un diseño de prueba primaria del tipo $N = 2^k$ por lo que ya se pueden sacar conclusiones del tipo variable. Necesita trabajar con dos niveles y un factor "K" o variables (teniendo en cuenta tres variables). Ofrece octavo examen.



EVALUACIÓN DE LOS REACTIVOS USADOS

La granulación de la molienda se homogenizó al 75% sobre malla 200 respecto a las realizadas previo a la aplicación de la propuesta de mejora y luego se administró con los valores mínimo y máximo previamente planteados.

Tabla 7

Matriz de diseño factorial

	MIBC	Z-11	AP-845	% Recuperación
1	-1	-1	-1	44.58
2	1	-1	-1	45.83
3	-1	1	-1	45.81
4	1	1	-1	46.72
5	-1	-1	1	47.43
6	1	-1	1	48.64
7	-1	1	1	46.67
8	1	1	1	48.95
9	0	0	0	46.81
10	0	0	0	46.82
11	0	0	0	46.69

4.1.3. Evaluación y cálculo de los efectos de las variables experimentales para la recuperación de Sn

El efecto de una variable experimental se define como la variación de la respuesta producida por un cambio en el nivel de la variable. El cambio en el nivel de las variables se puede calcular por diversos métodos.

Uno de los métodos que calcula la diferencia entre los valores promedio de las respuestas cuando las variables se encuentra en el nivel superior y después restando de esta cantidad el promedio de las respuestas cuando la variable se encuentra en su nivel inferior, definido por:



$$Ex1 = \frac{\sum Y + - \sum Y -}{r^{2^{k-1}}} \dots \dots \dots (1.1)$$

Dónde:

$\sum Y +$ = Sumatoria de las respuestas correspondientes a nivel superior de la variable entrada

$\sum Y -$ = Sumatoria de las respuestas correspondientes a nivel inferior de la variable evaluada.

r = Numero de réplicas del diseño

Este cálculo matricial es el método para la estimación de los efectos de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Ej = \frac{\sum_{j=1}^N X_{ij} Y_i}{r^{2^{k-1}}} j = 1,2, \dots, N \dots \dots \dots (1.2)$$

Dónde:

Ej = Calculo de los efectos de las variables experimentales.

r = Numero de réplicas en el Diseño.

Xij = Matriz de las variables independientes.

Yi = Vector columna de las respuestas

La ecuación (1.1), puede usar una hoja de cálculo o un lenguaje de programación para el cálculo matricial de los efectos. Por ende, la investigación se usará este método.

El algoritmo de Yates para el diseño 2^k es el método que se puede utilizar para el cálculo de los efectos y de la suma de los cuadrados. Para usar este algoritmo en primer lugar se construye una tabla de combinaciones de las variables de cada prueba experimental y las correspondientes respuestas o el total de las respuestas, en orden estándar. Es así como el orden estándar de un diseño 2^3 es: a, b, c, ab, ac, bc y abc.



4.1.4. Análisis de relave para la recuperación

Para realizar el análisis de los residuos usaremos las siguientes formulas:

$$SSM_R = \sum_{j=1}^N \frac{(Y - \hat{Y})^2}{Nr - 1} \dots \dots \dots (1.3)$$

Donde:

\hat{Y} = Y estimado o respuesta según modelo.

Y = Y observado o respuesta experimental.

N_r = Número total de experimentos.

l = Número de parámetros del modelo matemático.

N_{r-1} = grados de libertad del residuo = glR

$$F_0 = \frac{SSM_R}{MS_{error}} \dots \dots \dots (1.4)$$

En el proceso de recuperación actual se puede apreciar que el promedio del porcentaje de recuperación no supera el 47.95%, es por ello que nosotros evaluamos el cambio de reactivos para así poder llegar a un mayor porcentaje de recuperación.

4.1.2.1. Estudio estadístico de las pruebas de flotabilidad de Sn al agregar nuevos reactivos

Las variables de control son: MIBC, Z-11 y AP-845, fluorsilicatos con recuperación de %Sn como reacción

Tabla 8.
Variables controladas

Variab les	Min	Max
Z1: AP – 845 (g./t.)	92	96.3
Z2: Silicato de Sodio (g./t.)	89	94
Z3: Fluorsilicato de Sodio (g./t.)	89	95

Por lo tanto, tiene una matriz para ayudarlo a implementar su diseño en el proceso de evaluación de la antorcha de captura de Sn.

4.1.2.2. Evaluación de los reactivos usados

La granulación de la molienda se homogenizó al 75% sobre malla -200 respecto a las realizadas previo a la aplicación de la propuesta de mejora y luego se administró con los valores mínimo y máximo previamente planteados.

Tabla 9
Matriz de diseño factorial

	AP-845	Silicato de Na	Fluorsilicato de Na	% Recup
1	-1	-1	-1	56.47
2	1	-1	-1	57.54
3	-1	1	-1	56.91
4	1	1	-1	57.66
5	-1	-1	1	56.49
6	1	-1	1	58.38
7	-1	1	1	56.71
8	1	1	1	61.04
9	0	0	0	57.78
10	0	0	0	57.52
11	0	0	0	57.57



En la presente investigación se encontró una diferencia estadística al evaluar los efectos de los reactivos. Encontrándose que existe mayor eficacia en Silicato de Sodio y Fluorsilicato de Sodio, esto se da con una distribución y/o dosificación. de 93 y 95 g/t. correspondientemente. Y con ello demostramos que la recuperación supera los 60 por ciento. Es por ello que se plantea llevarlo a nivel industrial.

Discusión

En la presente investigación se encontró una diferencia estadística al evaluar los efectos de los reactivos. Encontrándose que existe mayor eficacia en Silicato de Sodio y Fluorsilicato de Sodio, esto se da con una distribución y/o dosificación de 93 y 95 g/t. correspondientemente.

Al respecto, también se encontró que la flotabilidad de estaño aumenta sus recuperaciones en más del 60%, si se introduce estos reactivos que se da por Silicato de Sodio y Fluorsilicato de Sodio.

Torres (2016) encontró que la producción aumenta con la recuperación. No hay ningún costo asociado con el desarrollo de la mina ya que la tasa de extracción esperada no implica un aumento en la carga extraída de la mina. En general, la introducción de este nuevo proceso de tratamiento puede extender la vida útil de la mina y permitir la explotación de un yacimiento que tiene un desempeño deficiente en el sistema actual.

En la actual investigación y según los resultados, se puede concluir que la medición con el reactivo 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.



V. CONCLUSIONES

La Caracterización del mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos. Nos permitió conocer la ley y composición mineralógica. Este da a conocer la composición del tipo de mineral existente con predominio de Casiterita, existe un estudio con resultados en los que también existe diferencia de medidas y predominio de composición química de elementos. Así en el estudio de Torres (2016), sus muestras estuvieron conformadas por estaño (0.91%), Cobre (0.26%), Fierro (12.41%), Oxido de silicio (58%), Azufre (1.46%), Aluminio (13.61%), Mercurio (11.21%), Sodio (0.19%), Calcio (0.19%), Manganeso (0.14%), Boro (0.13%), otros (0.64%).

La evaluación de diversos reactivos de flotación permitió incrementar la recuperación de estaño fino, esto con 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. Y la recuperación aumenta en más del 60 por ciento si se introduce el cambio de reactivos, ya que actualmente en el proceso la recuperación se da por debajo de un 50 por ciento.

Las evaluaciones diversas de flotación para incrementar la recuperación de estaño fino, permite recuperar estaño fino en un tiempo menor al habitual, ya que las pruebas no tuvieron una alta demanda de tiempo.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer pruebas diarias de caracterización de mineral para conocer la composición mineralógica, debido a que en el análisis de laboratorio se detectaron composiciones que arrojan predominios factibles para la recuperación.

Se recomienda evaluar diversos reactivos en el proceso de flotación para aumentar la recuperación de estaño fino. Ya que en este estudio realizado se demostró que con el cambio de reactivos la recuperación es mucho más alta que el actual proceso.

Se recomienda incorporar los nuevos reactivos ya que las pruebas realizadas en laboratorio, no requirieron una alta demanda de tiempo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, CJ, Ochoa, YH y Rodríguez-Páez, JE (2013). Extracción de óxido de estaño del sistema $\text{SnCl}_2\text{-H}_2\text{O}$: mecanismo de formación de partículas. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 33(1), 100-107.
- Enfermedad, Y. (2018). MINSUR S.A. Evaluación de Planes de Molienda y Flotación en Plantas de Procesamiento [Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9722/IEapquye.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bodega, F. y Ares, J. (2017). Aplicaciones de volatilización de estaño para procesamiento mixto Sn-W. Cuaderno de laboratorio geológico de Lex, 359-363. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/5995/CA-11-30.pdf?sequence=1>
- Bunge, M. (2016). Investigación Científica (Ariel (ed.)).
- Bunge, MA (2017). enfoque científico. Revista Cubana de Salud Pública, 43(3), 29-16. <http://scielo.sld.cu>
- Campbell, D. y Julián, S. (2015). Experimentos de investigación social y diseño semiexperimental (C. Ibnd McNally Sé (ed.); Primero)
- Karkaust, E. (2019). Optimización CAPEX - OPEX del Desarrollo de Residuos de Mineral de Estaño de Ley Menor Utilizando Tecnología ORE SORTING en Unidad Minera San Rafael - MINSUR S.A. - 2019. Universidad Nacional del Altiplano.
- A Goto (2018). Factores representativos en las prácticas operativas del Complejo Minero San Rafael - Minsur S.A. en la tesis. Universidad Nacional Altiplano.
- Chacón, T. (2021). Perú se convertirá en el segundo productor de estaño del mundo para



- el 2021. <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/mineria/peru-segundo-productor-mundial-stano-2021/>
- N. Yanavili (2017). Concentradores San Rafael Minsur Evaluación Flotante Universidad Nacional San Agustín.
- Elgeta, H. (2020). Importancia del proceso de flotación de minerales <https://www.metso.com/cl/blog/mining/the-importance-of-the-mineral-flotation-process/>
- Vitalidad. (2021). San Rafael: A fines de marzo, B2 produjo 613 toneladas de estaño - Energiminas. <https://d2bqn2kyidxvh4.cloudfront.net/wp-content/uploads/2020/05/minsur-808x454.jpg>
- Hernández, R. & Mendoza, S.P. (2018). Metodología de la investigación: Tres vías cuantitativa, cualitativa y mixta. Por McGraw Hill (Volumen 1, versión mexicana). http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Instituto Español de Mineralogía Geológica. (2010): Enfermedad. <http://www.igme.es/#:~:text=igme.,Web%20Site%20Oficial%20Espa%C3%B1a.,1-10>. [http://www.igme.es/#:~:text=IGME., Web oficial de España.](http://www.igme.es/#:~:text=IGME.,Web%20oficial%20de%20Espa%C3%B1a.)
- Joffre, J. (2009). metalurgia minera. Prensa de Pέργamo, 1-41. [http://www.igme.es/#:~:text=IGME., web oficial española.](http://www.igme.es/#:~:text=IGME.,web%20oficial%20espa%C3%B1ola.)
- MIN (2018). Steaditina, 511, 1-16. <https://www.minsur.com/wp-content/uploads/pdf/Brochure/Estao-sostenible.pdf>
- MIN (2019). Informe Anual 2019. 1-59. <https://www.minsur.com/wp->



content/uploads/pdf/Informe Anual/ESP/MINSUR_Memoria_2019.pdf

MÍN. (2021). Unidad Minera San Rafael. <https://www.minsur.com/nuestras-operaciones/unidad-minera-san-rafael/>

Mollinedo, K. (2016). Desarrollo minero estatal basado en inversiones en el desarrollo de reservas de minerales no tradicionales Sn y Ag Mercado Universitario de San Antonio.

Perales, A. (2015). Separación por fraccionamiento flotante - Reactivos. 1-15 https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/5564/mod_resource/content/1/FLOTACION_RECTIVOS.pdf

Quispe Navarro, J. (2017). Estudio de Mineral de Flotación de Cobre Veta Carmen en Mina San Rafael para Mejorar Reparación [Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2948/IMqunaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quispe, W. (2019). Procesamiento de minerales de casiterita y estudios analíticos de laboratorio [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11031/IQqgv1.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Salcedo, B. (2015). Estudio sobre el mejoramiento de la recuperación de estaño por botes de flotación de la estación de sulfuros en la planta piloto Bofedal II de MINSUR S.A. Universidad Nacional San Rafael San Agustín.

OK, J. (2021). Estructura de la investigación <https://es.slideshare.net/josesupo/research->



designs-15895481

Torres, J (2016). Introducción de celdas de columna en flotación ligera en mineral de estaño en la Universidad Nacional de San Agustín.

Trujillo, L. (2020). Optimizar el proceso gravimétrico de la Concentradora Falcón y recuperar estaño fino de minerales en la Mina San Rafael. Universidad Nacional Altiplano.

Universidad de Alicante. (2020). Sulfuros y sulfonatos, minerales visuales.
<https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/clasacion-y-caracteristicas/ii-sulfuros-y-sulfosales/sulfuros-y-sulfosales.html>

Valdivia, M. (2014). Humedales 2 y 2.5 a través de Desarrollo Experimental - Optimización del proceso de extracción de estaño de minerales depositados en MINSUR Universidad Nacional San Agustín.



VIII. ANEXOS



ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Objetivos	Hipótesis	Variabes
Objetivo general - Evaluar el circuito de flotación de Estaño fino en la Unidad Minera San Rafael.	Hipótesis general - La evaluación del circuito de flotación permite recuperar Estaño fino en la Unidad Minera San Rafael.	Variable independiente: Evaluación del circuito de flotación Variable dependiente: Recuperación de Estaño
Objetivos específicos - Caracterizar el mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos. Para así conocer la ley y composición mineralógica.	Hipótesis específicas - La Caracterización del mineral que ingresa a planta concentradora Camilo Zevallos. permite conocer la ley y composición mineralógica.	Variable independiente: Caracterización del mineral que ingresa a planta, permite conocer ley y composición mineralógica. Variable dependiente: Recuperación de Estaño
- Evaluar diversos reactivos de flotación para incrementar la recuperación de estaño fino	- La evaluación de diversos reactivos de flotación permite incrementar la recuperación de estaño fino	Variable independiente: Diversos reactivos Variable dependiente: Recuperación de Estaño fino



MASA DE MINERAL

Primary phases / mass (%)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Quartz	52.5651	49.8720	52.2767	54.7974	53.0469	55.6047	52.7559	55.2997	57.9661	54.9963	52.1787
Cassiterite	8.5004	8.0649	8.4538	8.8614	8.5783	8.9919	8.5313	8.9426	9.3738	8.8936	8.4379
Orthochamosite	13.9755	13.2595	13.8988	14.5690	14.1036	14.7836	14.0262	14.7025	15.4115	14.6219	13.8728
Hematite impura	1.4764	1.4008	1.4683	1.5391	1.4899	1.5618	1.4818	1.5532	1.6281	1.5447	1.4655
Ferrosaponite	4.7665	4.5223	4.7404	4.9689	4.8102	5.0421	4.7838	5.0145	5.2563	4.9870	4.7315
Pyrrhotite	0.1343	0.1274	0.1336	0.1400	0.1355	0.1421	0.1348	0.1413	0.1481	0.1405	0.1333
Muscovite	0.1542	0.1463	0.1534	0.1607	0.1556	0.1631	0.1548	0.1622	0.1700	0.1613	0.1531
Arcilla Impura	0.1233	0.1170	0.1226	0.1285	0.1244	0.1304	0.1237	0.1297	0.1360	0.1290	0.1224
Orthoclase	0.1634	0.1550	0.1625	0.1703	0.1649	0.1728	0.1640	0.1719	0.1802	0.1710	0.1622
Hematite/Magnetite	1.0034	0.9520	0.9979	1.0460	1.0126	1.0614	1.0070	1.0556	1.1065	1.0498	0.9960
Fluorite	1.3434	1.2746	1.3360	1.4005	1.3557	1.4211	1.3483	1.4133	1.4814	1.4055	1.3335
Albite	0.0044	0.0042	0.0044	0.0046	0.0044	0.0047	0.0044	0.0046	0.0049	0.0046	0.0044
Chalcopyrite	10.8922	10.3342	10.8324	11.3548	10.9920	11.5220	10.9317	11.4588	12.0114	11.3960	10.8121
Illite	0.1452	0.1378	0.1444	0.1514	0.1465	0.1536	0.1457	0.1528	0.1601	0.1519	0.1441
Pyrite	3.2942	3.1254	3.2761	3.4341	3.3244	3.4847	3.3062	3.4656	3.6327	3.4466	3.2700
Pyrrhotite oxidada	0.3874	0.3676	0.3853	0.4039	0.3910	0.4098	0.3888	0.4076	0.4272	0.4053	0.3846
Schorl	0.0354	0.0336	0.0352	0.0369	0.0357	0.0374	0.0355	0.0372	0.0390	0.0370	0.0351
Rutile	0.0353	0.0335	0.0351	0.0368	0.0356	0.0373	0.0354	0.0371	0.0389	0.0369	0.0350
Andesine	0.0056	0.0053	0.0056	0.0058	0.0057	0.0059	0.0056	0.0059	0.0062	0.0059	0.0056
Calcite	0.2614	0.2480	0.2600	0.2725	0.2638	0.2765	0.2623	0.2750	0.2883	0.2735	0.2595
Apatite	0.0038	0.0036	0.0038	0.0040	0.0038	0.0040	0.0038	0.0040	0.0042	0.0040	0.0038
Ferberite	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
Magnesiogedrite	0.0716	0.0679	0.0712	0.0746	0.0723	0.0757	0.0719	0.0753	0.0790	0.0749	0.0711
Biotite	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Holmquistite impuro	0.0319	0.0303	0.0317	0.0333	0.0322	0.0337	0.0320	0.0336	0.0352	0.0334	0.0317
Arsenopyrite	0.1723	0.1635	0.1714	0.1796	0.1739	0.1823	0.1729	0.1813	0.1900	0.1803	0.1710
Ilmenite	0.0035	0.0033	0.0035	0.0036	0.0035	0.0037	0.0035	0.0037	0.0039	0.0037	0.0035
Zircon	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Fayalite	0.0351	0.0333	0.0349	0.0366	0.0354	0.0371	0.0352	0.0369	0.0387	0.0367	0.0348
Wurtzite	0.1252	0.1188	0.1245	0.1305	0.1263	0.1324	0.1257	0.1317	0.1381	0.1310	0.1243
REE-Ca	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Plumbogummite	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Galena	0.0243	0.0231	0.0242	0.0253	0.0245	0.0257	0.0244	0.0256	0.0268	0.0254	0.0241
Stannite	0.2633	0.2498	0.2619	0.2745	0.2657	0.2785	0.2643	0.2770	0.2904	0.2755	0.2614
Chalcocite/Digenite	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



MASA DE MINERAL

MINERALES QUE CONTIENE ESTAÑO

Primary phases / Mass of tin (%)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Casiterite	98.8332	97.7696	98.2910	98.2552	98.1803	97.6733	98.6691	97.1375	98.8212	97.6046	98.6552
Stannite	1.1543	1.0952	1.1480	1.0892	1.0544	1.1052	1.0486	1.0991	1.1521	1.0931	1.0371
Rhodostannite	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Ferrokesterite	0.0113	0.0107	0.0112	0.0107	0.0103	0.0108	0.0103	0.0108	0.0113	0.0107	0.0102
Suredaite	0.0009	0.0009	0.0010	0.0010	0.0011	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

MEDIA Y DESVEST DE MINERALES QUE CONTIENEN ESTAÑO.

Mineral	Media	Desvest
Casiterite	98.17184	± 1.07017
Stannite	1.09784	± 0.04101
Rhodostannite	0.00029	± 0.00001
Ferrokesterite	0.01075	± 0.00040
Suredaite	0.00103	± 0.00007

Punto de muestreo (acondicionar 8X8 A, Relave De Gravimetría).





PRUEBAS DE FLOTABILIDAD DE Sn SIN VARIACIÓN DE REACTIVOS

Variables controladas

Variables	Min	Max
Zi: MIBC	19	24.3
Z2: Z-11 (g/t)	34	39.6
Z3: AP - 845 (g/t)	92	96.3



PRUEBAS DE FLOTABILIDAD DE Sn AL AGREGAR NUEVOS REACTIVOS

Variables controladas

Variables	Min	Max
Z1: AP – 845 (g./t.)	92	96.3
Z2: Silicato de Sodio (g./t.)	89	94
Z3: Fluorsilicato de Sodio (g./t.)	89	95



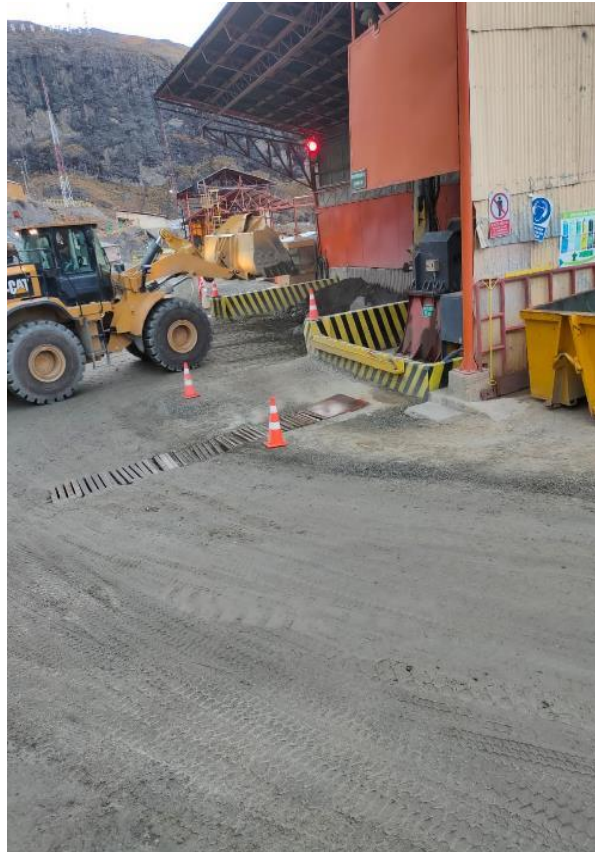
A) Mineral de Alta ley.

B) Mineral de mediana ley

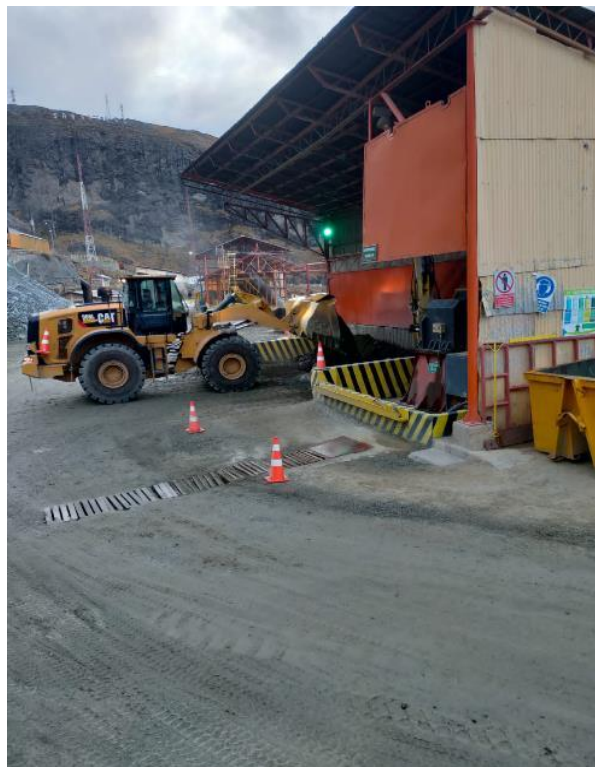
C) Mineral de baja ley



Traslado de mineral



Blending



Tolva de gruesos



Tolva de gruesos



Chancadora primaria



Faja transportadora



Jigs bendelari



Jigs bendelari



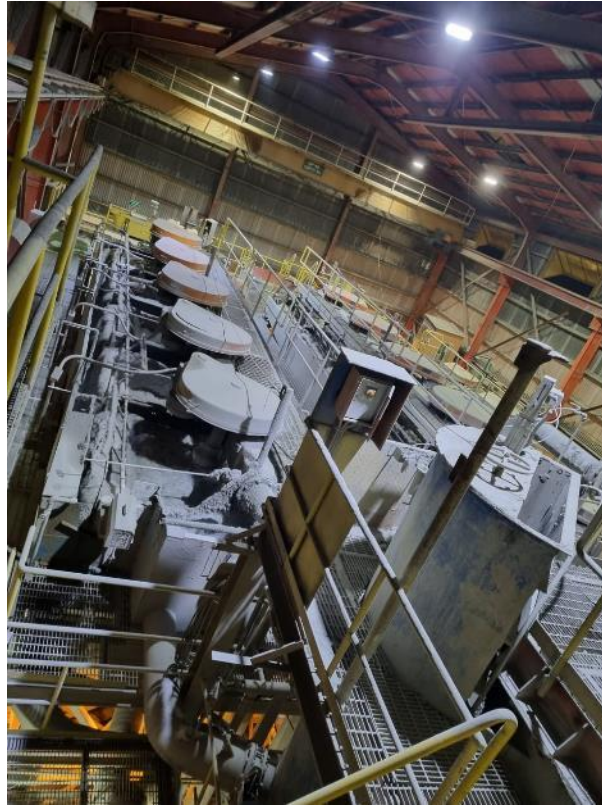
Molienda



Mesas de concentración



Espirales de concentración



Etapa de flotación



Etapa de flotación



Etapa de flotación



Espesador 70. Área de relave



Espesador 120. (Relave de gravimetría)

A continuación, presentamos el ensayo que se realizó a nivel Lob. metalúrgico.







Los reactivos a utilizar en el presente ensayo.

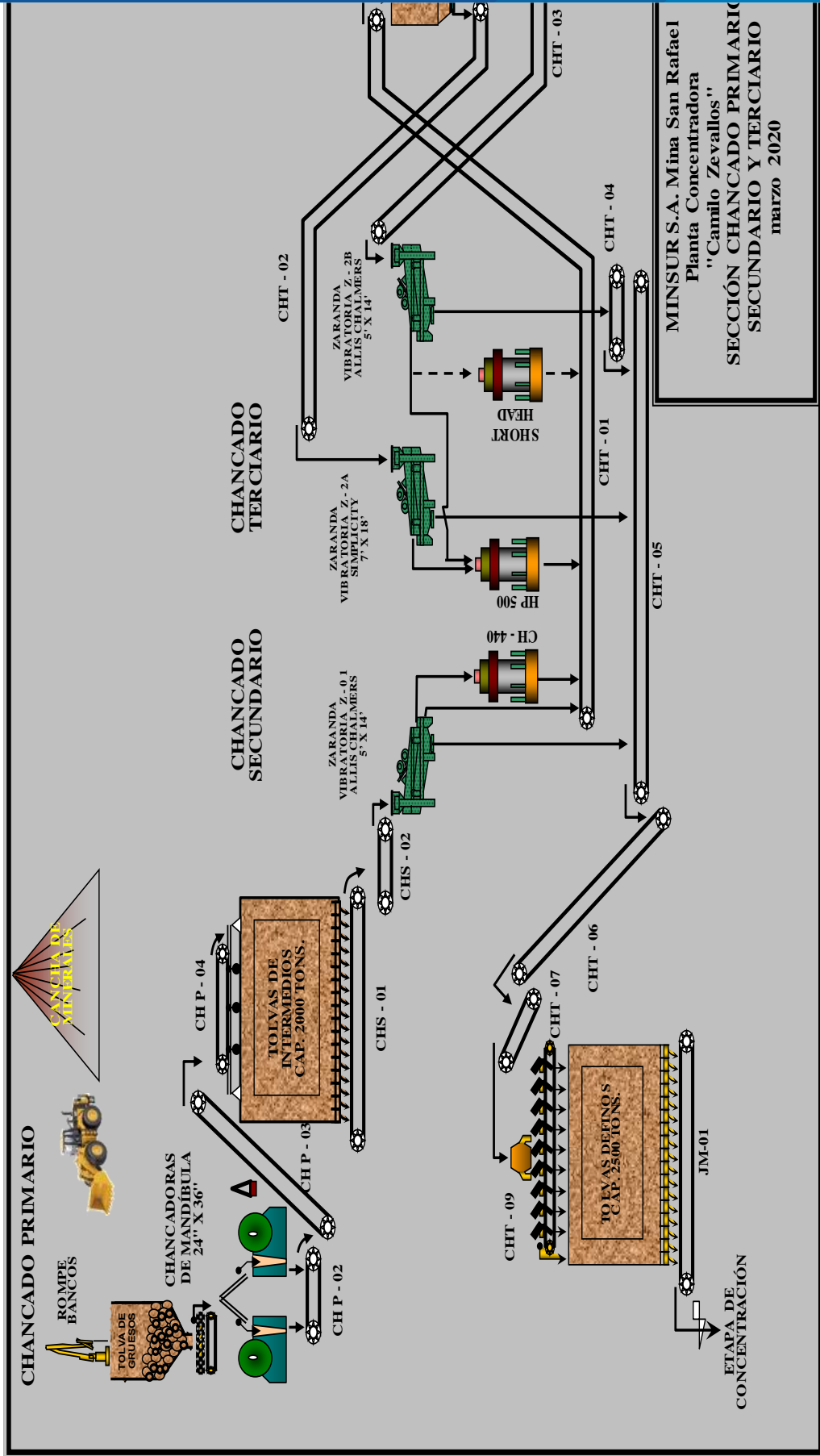


Adicionando reactivos para la flotabilidad del Sn fino.

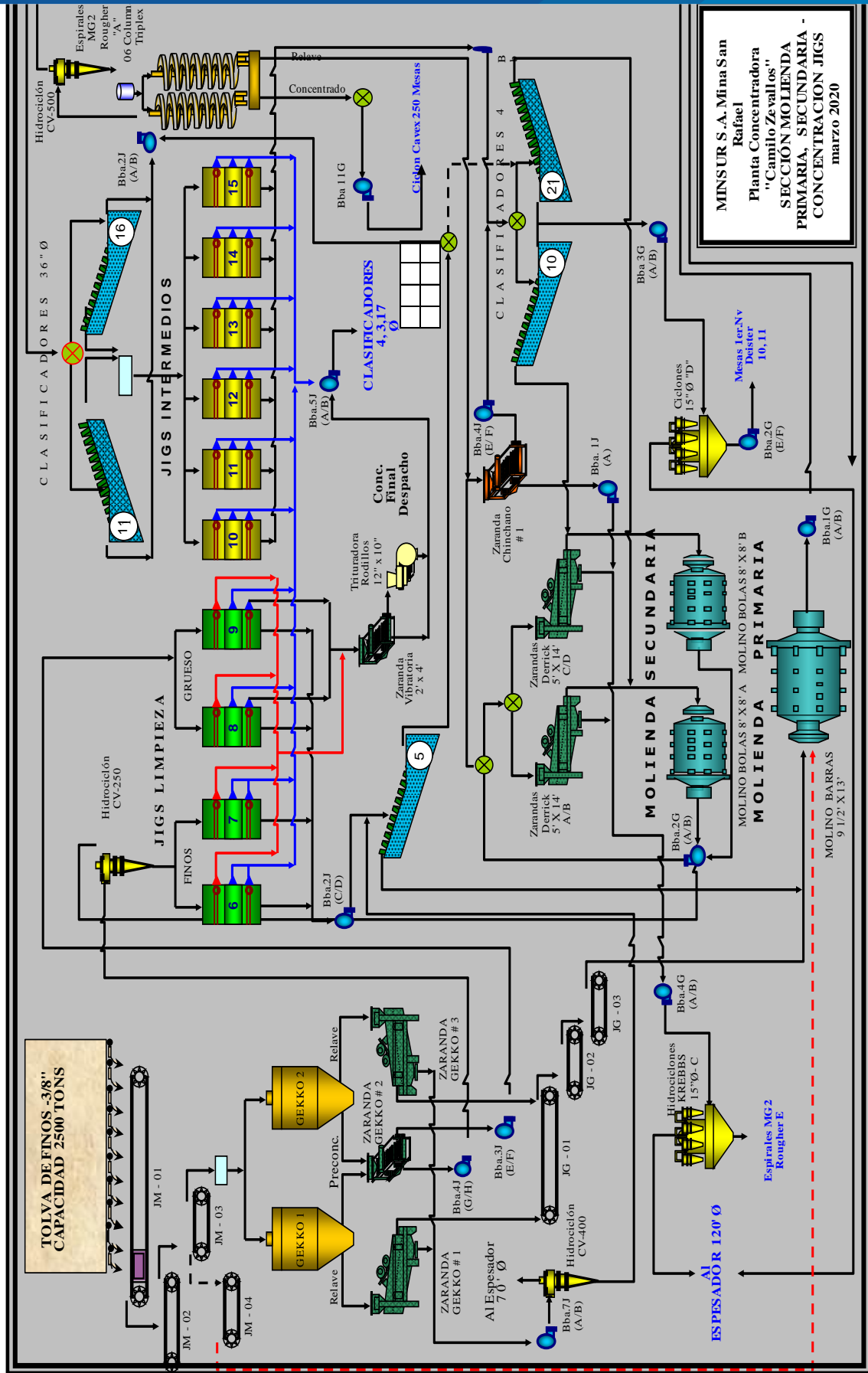


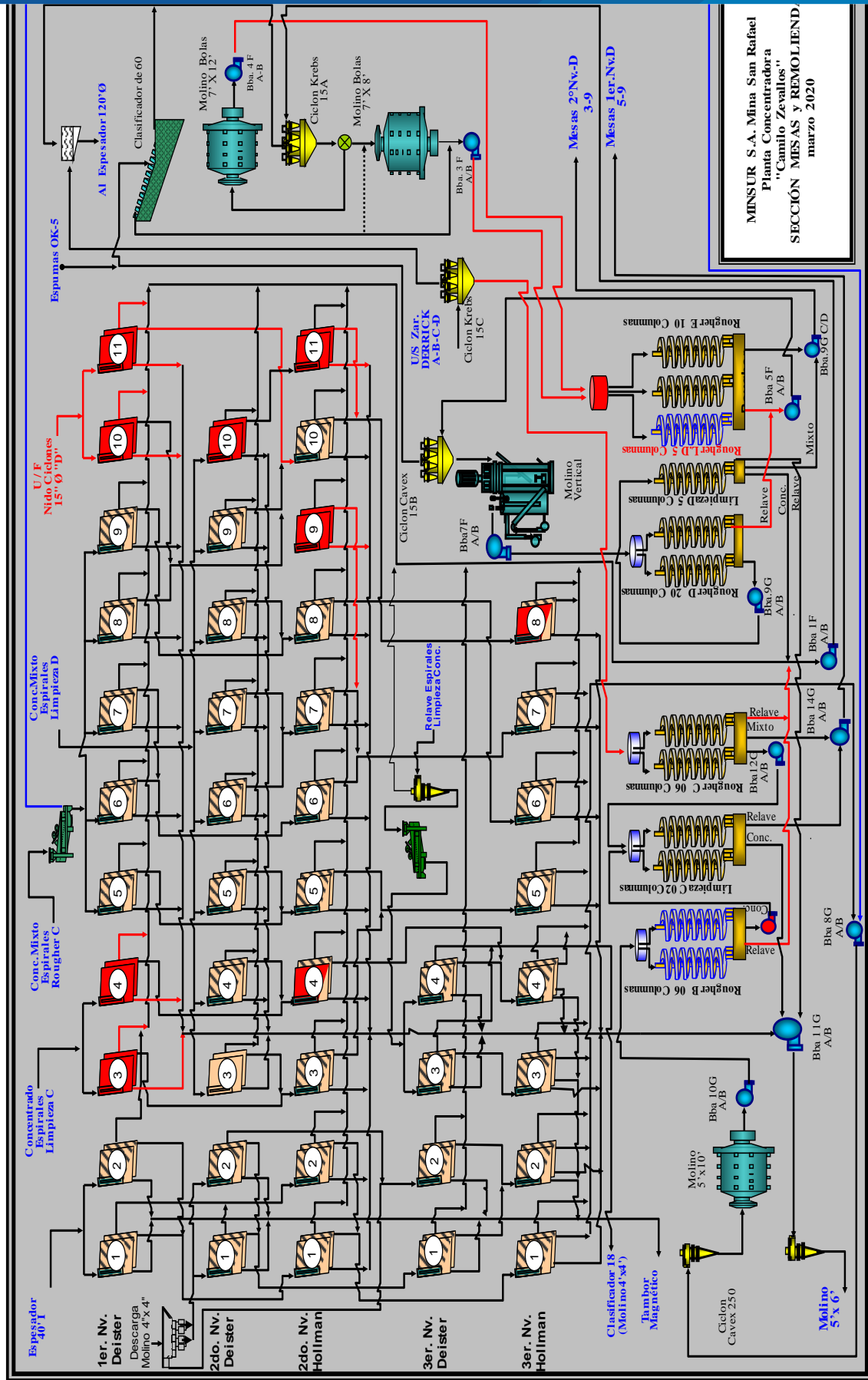


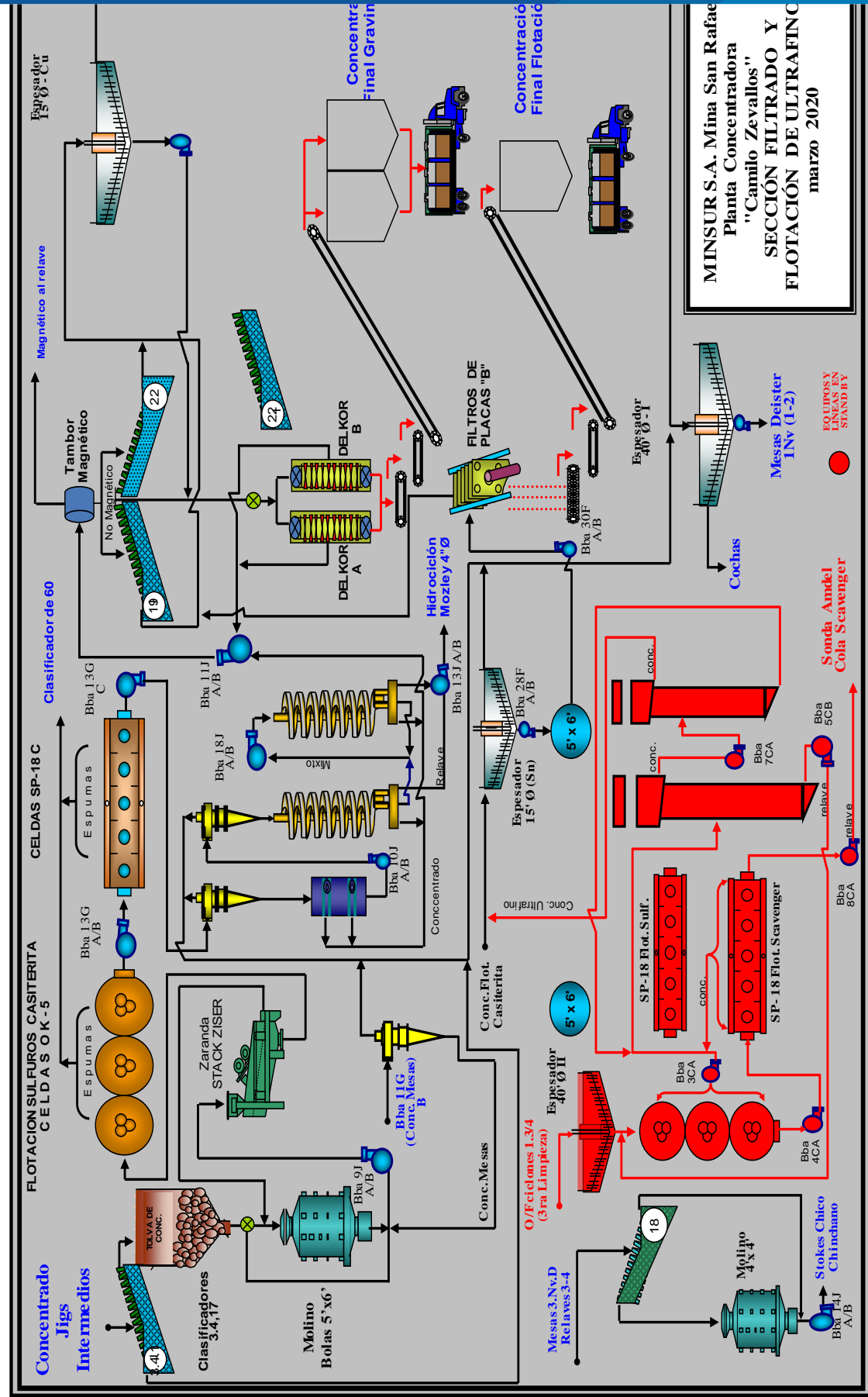
FLUJOGRAMA DE PLANTA CONCENTRADORA

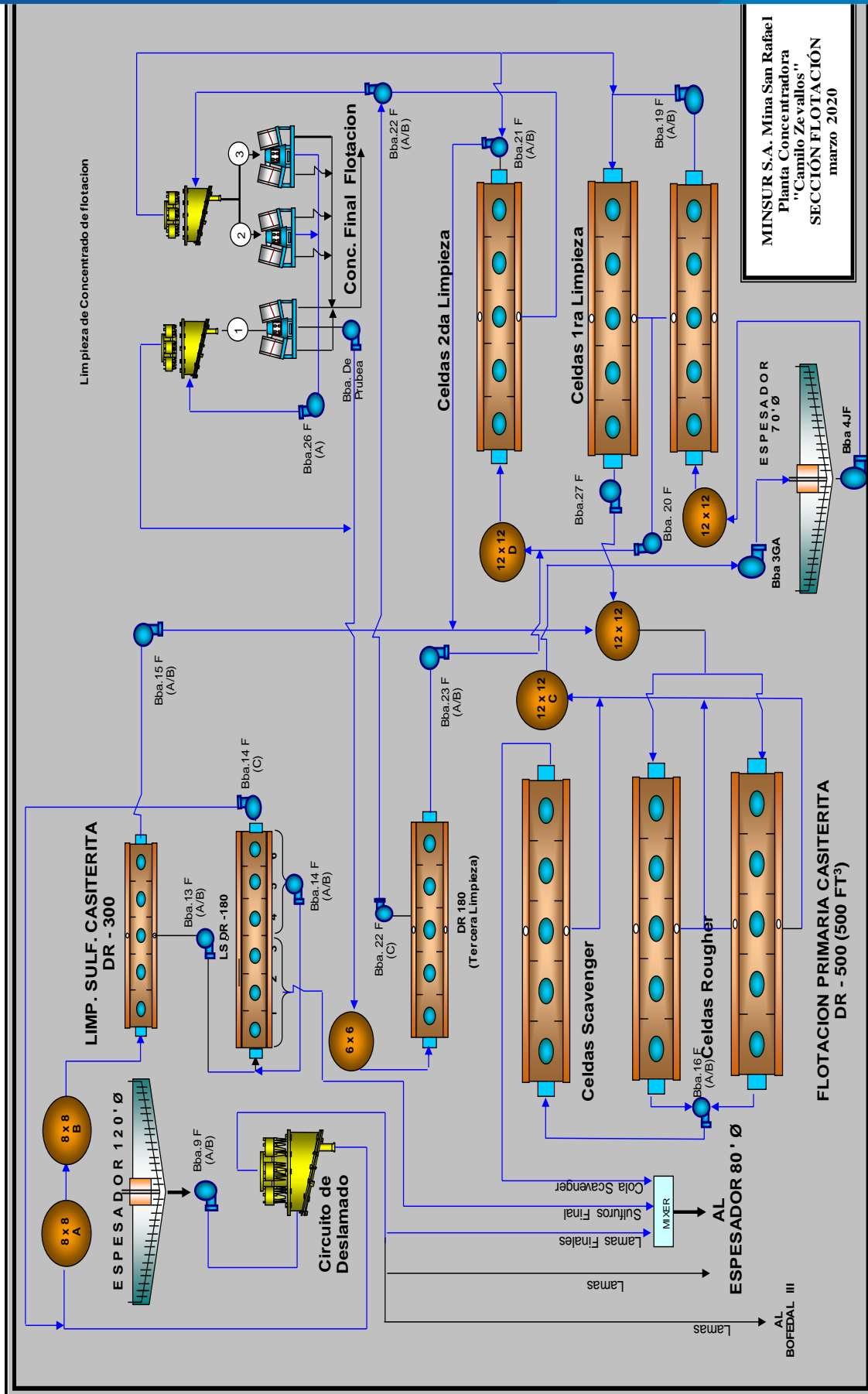


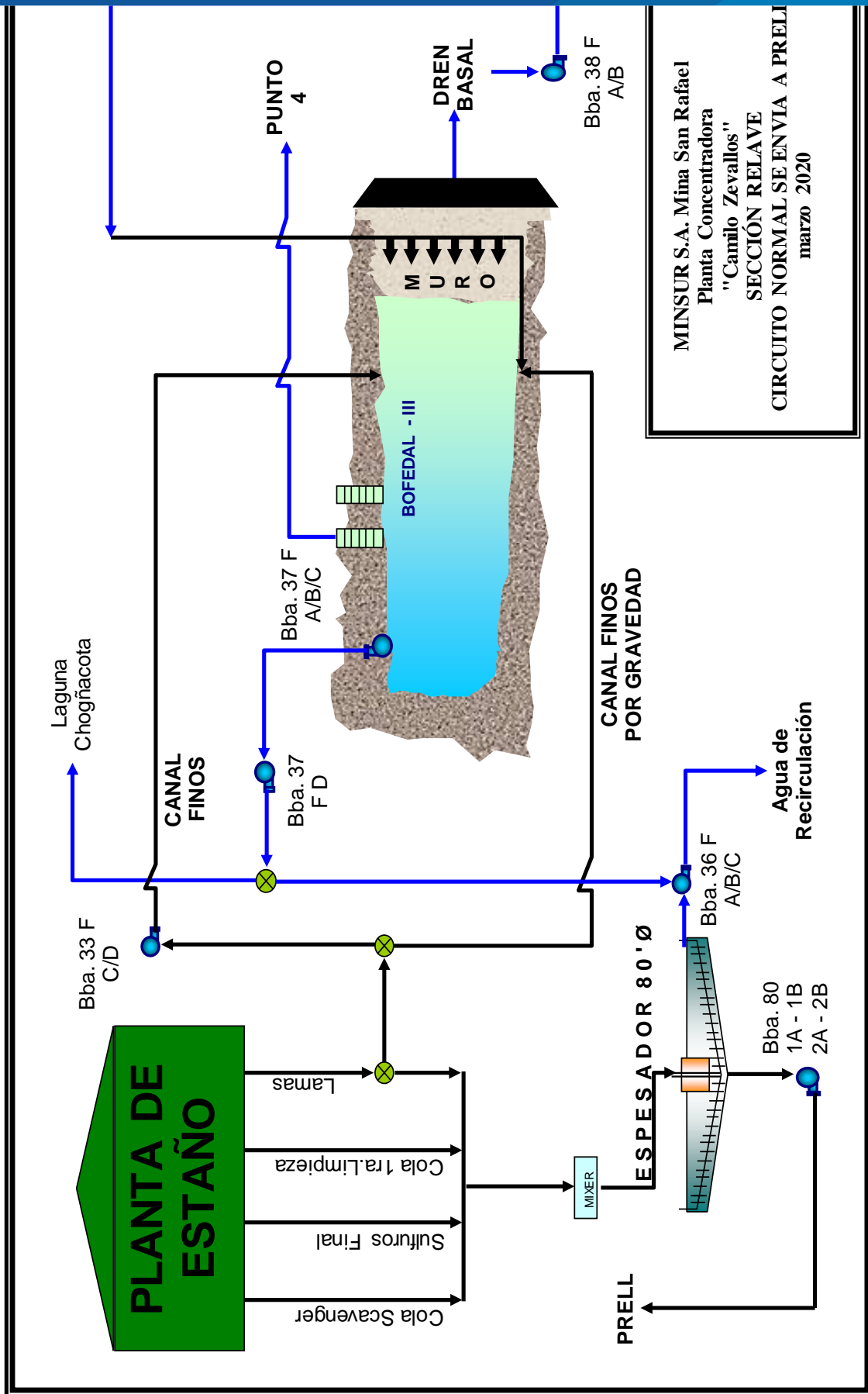
MINSUR S.A. Mina San Rafael
Planta Concentradora
"Camilo Zévallos"
SECCIÓN CHANCADO PRIMARIO
SECUNDARIO Y TERCARIO
marzo 2020

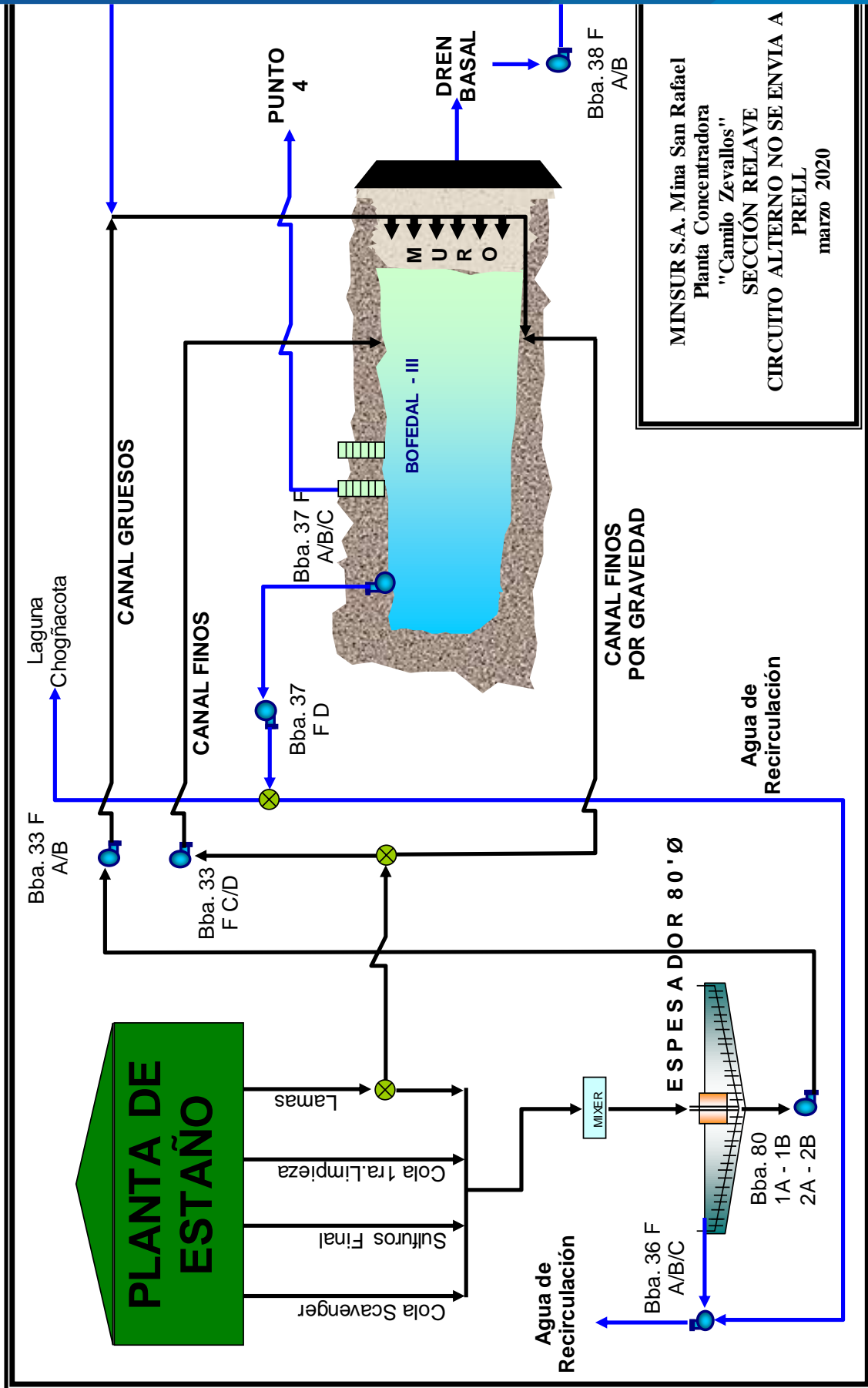












CYTEC

AERO[®] 845 Promoter

PROPIEDADES TÍPICAS

Estado físico	: Líquido
Gravedad específica (25 °C)	: 1,12
Punto de inflamación	: 54 °C (vaso cerrado Pensky.Martens)
Punto de congelamiento	: Separación de fases a menos de 10 °C
Solubilidad en agua (20 °C)	: Completa
Color	: pardo claro a oscuro

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

El AERO[®] 845 Promoter es un sulfonato modificado (succinato) de carácter aniónico. El producto tiende a separarse en fases a temperaturas inferiores a 10°C. El producto se vuelve a homogenizar a temperaturas superiores a 10°C sin que se vea afectada su eficiencia.

Es compatible con la mayoría de los sulfonatos de petróleo y puede ser premezclado para ser alimentados en conjunto, mejorando su dispersabilidad que en muchos casos se traduce en mejoras metalúrgicas. En general, no es compatible con ácidos grasos.

PRINCIPALES USOS

El AERO[®] 845 Promoter es ampliamente utilizado en la flotación de una serie de minerales que incluyen: Anhidrita, Barita, Casiterita, Celestita, Fluorita, Yeso, Magnesita, Rutilo, Scheelita, Minerales de Fosfato, Arenas Silíceas para la fabricación de vidrio y Rocas para Fabricación de Cemento.

Cuando se usa como colector principal tiende a producir más espuma que los ácidos grasos y los sulfonatos de petróleo. Si representa un problema, se recomienda reducir la dosis de espumante y evaluar la adición de colector por etapas. El uso en conjunto con petróleo (Fuel-Oil), puede mejorar el control de espumación en algunos minerales.

El AERO[®] 845 Promoter fue desarrollado para entregar una mayor selectividad que los ácidos grasos o sulfonatos de petróleo.

El AERO[®] 845 Promoter funciona bien como un colector de minerales no metálicos y puede no requerir acondicionamientos con alto porcentaje de sólidos.

Ya que el AERO[®] 845 Promoter es soluble en agua, puede ser diluido para alimentarlo a la flotación. Las dosificaciones requeridas son normalmente más bajas que cuando se utiliza ácidos grasos o sulfonatos de petróleo aniónicos tanto en circuitos ácidos como en circuitos alcalinos.



MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El AERO® 845 Promoter es un producto inflamable. Proporcione una adecuada ventilación ya que los vapores son más pesados que el aire y pueden acumularse generando un riesgo de incendio. No caliente el producto con llama abierta o en presencia de fuentes de ignición ni lo contacte con materiales oxidantes, con los cuales puede reaccionar. Almacenar en bodegas de preferencia techadas y con buena ventilación.

Si se produce un derrame, elimine las fuentes de ignición y cubra con un material absorbente. Disponga en un lugar autorizado.

SALUD Y SEGURIDAD

De acuerdo a ensayos de toxicidad estándares el producto se clasifica como no tóxico. El contacto prolongado con este material puede causar irritaciones leves la piel o los ojos. En caso de contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón neutro. En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua durante 15 minutos y obtener atención médica.

ENVASES

- Tambores con 227 kg o totebins de 1.089 kg. Para entregas a granel contacte a su Representante de Ventas Cytec.

PRECAUCIÓN

No mezclar con otros reactivos sin antes haberse asegurado con el proveedor que no se presentan daños a la salud.

IMPORTANTE

Para obtener datos de propiedades físicas e información de Manejo, Salud, Seguridad y Cuidado del Medio Ambiente, consultar la Hoja de Datos de Seguridad (HDS) de este producto (N° 00613).

SOPORTE TÉCNICO

Los mejores resultados de una Planta Concentradora dependen del uso de los mejores productos y mejor tecnología disponible. Cytec ofrece una completa línea que incluye colectores, espumantes y modificadores. Su Representante de Ventas está preparado para ayudarlo en la aplicación de nuestros productos.

NOTA

La información proporcionada no constituye garantía sobre la cual asumamos responsabilidad legal. Los usuarios deberán realizar sus propios ensayos para determinar el comportamiento real de los productos en su mineral. No obstante, nuestro personal técnico podrá colaborar en la aplicación más adecuada de este reactivo. Lo publicado en este folleto no debe ser considerado como una recomendación para emplear alguna patente de invención sin licencia.

Vigente desde : 05 / 2010

HOJA DE PRODUCTO

ESPUMANTE MIBC

CAS: 108-11-2

INCI: N/A

Fórmula química:
C₆H₁₃OH

Pochteca

www.pochteca.com.mx

APLICACIONES

Metil Isobutil Carbinol (MIBC) es un alcohol muy poco soluble en agua, pero miscible con la mayoría de los disolventes orgánicos. Es por mucho el alcohol más utilizado como espumante en variados circuitos de flotación de minerales de sulfuros metálicos de cobre, molibdeno, metales preciosos, minerales conteniendo oro, minerales polimetálicos de plomo cinc plata y flotación de minerales no metálicos, tal como carbón, entre otros.

MIBC es de un espumante de acción rápida que genera una espuma fina, seca y de buena sustentación en las celdas de flotación, pero que fluye y se disgrega con rapidez en los canales colectores de concentrados. El producto es particularmente selectivo en la recuperación de partículas finas del mineral valioso y no solo contribuye a incrementar el rendimiento de la flotación, sino también a mejorar la calidad del concentrado de mineral.

MIBC es compatible con los colectores usuales en los circuitos de flotación y puede ser usado en un amplio rango de pH, desde ácido a alcalino.

MIBC se aplica usualmente a una dosis que varía entre 20 – 60 gpt. Sin embargo, la dosis óptima depende de diversos factores, propios de cada mineral y de cada proceso, tales como tipo de ganga, pH, granulometría, calidad del agua, etc., entre otros.

PROPIEDADES TÍPICAS

Composición	Metil Isobutil Carbinol
Peso molecular	102 g/mol
Aspecto / 20 °C	Líquido incoloro a levemente amarillo
Densidad / 20 °C (DIN 51757)	aprox 0.81 g/cm ³
pH / 20 °C (ASTM E 70)	N/A
Punto de congelación	< - 90 °C
Punto de ebullición	132 °C
Flash Point (ASTM D 56, copa cerrada)	41 °C
Solubilidad en agua	Poco soluble
Viscosidad / 20 °C (ASTM D 2196)	< 10 mPa·s

EFFECTOS AMBIENTALES

Este producto se considera fácilmente biodegradable. Este producto prácticamente no se bioacumulará en organismos. Si el suelo se contamina, puede por percolación, degradar las aguas del manto freático. Evitar que el producto penetre cursos de aguas superficiales o subterráneas

ALMACENAMIENTO Y MANEJO

MIBC es un líquido inflamable; mantener el producto en sus envases originales bien cerrados, en un lugar fresco, bien ventilado, protegido de temperaturas extremas, lejos del calor, chispas y fuentes de ignición. Emplear siempre guantes, lentes de seguridad, ropa protectora y en particular, usar máscara o respirador para evitar inhalarlo. Consultar la hoja de seguridad del producto antes de su manipulación.

EMPAQUE ESTÁNDAR

El producto se encuentra disponible en tambores de 200 litros, IBC's de 1000 litros e Isotanque.



ARMAR LTDA.

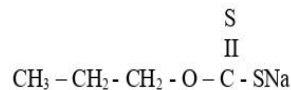
DEPARTAMENTO TECNICO
LA PAZ - BOLIVIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO (Z-11) REACTIVOS NACIONALES S.A. – RENASA

DESCRIPCIÓN:

Este producto se obtiene por la reacción del Alcohol Isobutilico, con el Bisulfuro de Carbono e Hidróxido de Sodio. Este Xantato ha llegado a ser el mas ampliamente usado de todos los xantatos debido a su bajo costo y elevado poder colector.

COMPOSICION QUIMICA:



NOMBRES COMERCIALES:

Producto sólido que se obtiene por la reacción del Alcohol Isopropilico, con el Bisulfuro de Carbono e Hidróxido de Sodio. Este Xantato ha llegado a ser el mas ampliamente usado de todos los xantatos debido a su bajo costo y elevado poder colector.

PROPIEDADES TIPICAS:

Sus propiedades físicas más relevantes son:

Gravedad específica	: 1.5220 gr/cc
Densidad Aparente	: 0.6450 gr/cc
Solubilidad	: 13.56 gr/100 gr. de solución
Pureza	: 85 % mínimo
Color	: Amarillo pálido

PUREZA:

El Xantato Isopropilico de Sodio, es fabricado con materias primas de alta pureza y exentos de sustancias que interfieran con las propiedades colectoras del Xantato. Debido a esto, la pureza mínima del producto es de 85% de xantato activo.

USOS:

Los xantatos son substancialmente no espumantes y por lo tanto pueden emplearse en cualquier cantidad necesaria, sin el peligro de producir espumacion excesiva.

Esto hace posible, que mediante el uso de agentes espumantes no colectores en combinación con los xantatos, se logre un control altamente flexible y separado de la acción colectoras y espumante, lo cual es una gran ventaja para mantener las condiciones adecuadas de flotación, durante los cambios de mineral.

Los xantatos tienden a descomponerse en soluciones con un pH muy inferior a 6.0.

Este xantato debido a su elevado poder colector es empleado en la flotación de minerales complejos de plomo zinc y cobre – hierro en los cuales los principales minerales sulfurados son calcopirita, calcocita, energita, galena, esfalerita, marmatita, pirita y pirrotita. Otra de sus aplicaciones incluyen la concentración de cobre nativo, plata, oro y los sulfuros de hierro conteniendo cobalto o níquel, así como la recuperación de piritas de hierro.



ARMAR LTDA.

DEPARTAMENTO TECNICO
LA PAZ - BOLIVIA

PRECAUCIONES DE MANEJO:

Los xantatos de RENASA, en forma de pellets, son estables durante largos periodos de tiempo, siempre y cuando se almacenen en un lugar seco y fresco. Las personas que manejan físicamente los xantatos o las soluciones de estos, deben tomar ciertas precauciones. Debe evitarse la llama viva o el fuego, puesto que los xantatos y algunos de sus productos de descomposición, son combustibles. Los xantatos en si arden en forma similar al azufre.

Los Xantatos en términos generales deben manipularse con el mismo grado de precaución que se aconseja para otros productos químicos orgánicos.

TOXICIDAD:

Los Xantatos han sido calificados como de baja toxicidad oral aguda. Algunas personas son alérgicas a los xantatos y se les desarrolla una irritación en la piel cuando llegan a tener contacto con la solución por lo que se recomienda lavarse aquellas partes de la piel que hayan estado en contacto con xantatos con bastante agua.

ENVASES Y EMPAQUES:

En sacos de polipropileno con bolsas interiores de polietileno de 50 kg. Netos c/u.

NOTA:

La información proporcionada no constituye garantía sobre la cual tengamos responsabilidad legal los propios usuarios deberán realizar los ensayos para determinar el comportamiento real de los productos.

**DEPTO. TÉCNICO
CARMAR LTDA.**



	FICHA TÉCNICA	Código: GT-F-40
		Fecha: 27/09/2018
	Versión: 02	Página: 1 de 1
Número de Revisión:001 Declaración de Fecha de Revisión: 18/09/2018		
TÍTULO: SILICATO DE SODIO		

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Nombre químico: Silicato de Sodio **Calidad:** Técnica

Descripción: Miscible con algunos alcoholes polihídricos, parcialmente miscible con alcoholes primarios y cetonas

Vencimiento: 2 años.

2. MANEJO Y APLICACION

Catalizadores y gel de sílice, jabones y detergentes, adhesivos, tratamiento de aguas, blanqueo y encolado de textiles y pulpa de papel, tratamiento de minerales, solidificación de suelos, espuma de vidrio, pigmentos, barros de perforación, aglutinante para núcleos de fundición y moldes, morteros y cementos impermeables, impregnación de madera. Forma geles con ácidos entre pH 3 y 9, coagula con salmuera, precipita con iones de tierras alcalinas e iones de metales pesados. Y Los silicatos de sodio comprenden un grupo de sustancias químicas, compuestas de óxido de sodio (Na₂O), óxido de silicio (SiO₂) y agua, en proporciones diferentes para cada tipo de silicato. Dependiendo de su composición, ofrecen un rango de propiedades físicas y químicas. No combustible, poco tóxico.

3. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

PARAMETRO	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD
Color	Grisáceo	N.A
Textura	Fluida	N.A
Densidad (°Be)	48,0-49,50	g/mL
Gravedad Especifica	1,494 – 1,518	(grs/cm ³)
Alcalinidad	11,24 - 12,26	(% Na ₂ O)
Contenido de Silice	31,71 – 33,67	(%SiO ₂)
% de Solidos Totales	36,1 - 40,1	%
Relación de totales de Na ₂ OSiO ₂	1:3,00 – 1:3,15	N.A
Viscosidad promedio	50	cP
pH	11,9 ± 0,1	N.A

4. ALMACENAMIENTO

Este producto debe almacenarse en lugares frescos, Separado de ácidos fuertes, aluminio y zinc.

5. PRECAUCIONES

La disolución en agua es una base medianamente fuerte. Reacciona con aluminio y cinc formando gas inflamable/explosivo.

Nota: El uso final del producto es responsabilidad directa del cliente, la información consignada en este documento es sólo de carácter ilustrativo y fue tomada de distintas fuentes bibliográficas por nuestro departamento técnico. Estos datos no representan responsabilidad legal alguna y no eximen al comprador de hacer sus propios análisis e investigaciones.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SILICATO DE SODIO (solución 25-50%)

ICSC: 1137







**MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES
ESPAÑA**



Silicato de sodio
Sal de sodio del ácido silícico
 $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$

Nº CAS 1344-09-8
Nº RTECS VV9365000
Nº ICSC 1137

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO!	
• INHALACION	Tos. Dolor de garganta.	Ventilación. Extracción localizada.	Aire limpio, reposo.
• PIEL	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Diarrea. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos fuertes, aluminio y zinc.	NU (transporte): No clasificado. CE: No clasificado.

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 1137

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003



Fichas Internacionales de Seguridad Química

SILICATO DE SODIO (solución 25-50%)

ICSC: 1137

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Solución acuosa incolora al 25-50% de silicato de sodio.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.
	PELIGROS QUIMICOS La disolución en agua es una base medianamente fuerte. Reacciona con aluminio y cinc formando gas inflamable/explosivo (véase hidrógeno ICSC 0001).	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire al pulverizar.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido. MAK no establecido.	EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El aerosol irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.
	PROPIEDADES FISICAS	Densidad relativa (agua = 1): 1.4
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2001 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 6-169
ICSC: 1137		SILICATO DE SODIO (solución 25-50%)
© CE, IPCS, 2003		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	



FAVELA PRO, S.A. DE C.V.

AV. Francisco I. Madero No.17
Cerro Agudo Mocorito, Sinaloa, México. C.P. 80830
RFC: FPR-010404-8H9 TEL: (673)734-8001, (673)734-8003
favelapro@hotmail.com favelapro@outlook.com
ventas@fagalab.com info@fagalab.com
favelapro.mercadoshops.com.mx
www.fagalab.com
673 472 1171 673 100 9941
Fagalab

HEXAFLUOROSILICATO DE SODIO

1. Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Denominación: Sodio Hexafluorosilicato.

Sinónimos: Hexafluorosilicato Sodio.

CAS: 16893-85-9

Peso molecular: 188.06

Fórmula química: Na₂SiF₆

Códigos del producto: 2222

Uso de la sustancia o preparado:

Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

Identificación de la sociedad o empresa:

FAVELA PRO, S.A. DE C.V.

CERRO AGUDO, MOCORITO, SINALOA.

TEL: (673)734-8001 Y (673)734-8003

www.fagalab.com

2. Composición/Información de los componentes

Ingrediente	No. CAS	Porcentaje	Riesgo
Hexafluorsilicato de sodio	16893-85-9	100 %	Si

3. Identificación de los peligros



Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.

Color de Almacenaje: Blanco

4. Primeros auxilios

Indicaciones generales: En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.

Inhalación: Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder a la respiración artificial.

Contacto con la piel: Lavar abundantemente con agua. Quitarse la ropa contaminada.

Ojos: Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos. En caso de irritación, pedir atención médica.

Ingestión: Beber abundante agua. Provocar el vómito. Pedir inmediatamente atención médica.

5. Medidas de lucha contra incendio

Medios de extinción adecuados: Los apropiados al entorno.

Medios de extinción que NO deben utilizarse: ----

Riesgos especiales: Incombustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de HF, F2.



Equipos de protección: ----
6. Medidas a tomar en caso de derrame accidental Precauciones individuales: No inhalar el polvo. Precauciones para la protección del medio ambiente: No permitir el paso al sistema de desagües. Evitar la contaminación del suelo, aguas y desagües. Métodos de recogida/limpieza: Recoger en seco y depositar en contenedores de residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante. Tratar con una mezcla de cal en solución de carbonato sódico (se forma un precipitado de fluoruro cálcico).
7. Manipulación y almacenamiento Manipulación: Sin indicaciones particulares. Almacenamiento: Recipientes bien cerrados. En local bien ventilado. Temperatura ambiente. Acceso restringido, sólo autorizado a técnicos.
8. Controles de exposición/protección personal Medidas técnicas de protección: Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local. Control límite de exposición: ---- Protección respiratoria: En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado. Protección de las manos: Usar guantes apropiados. Protección de los ojos: Usar gafas apropiadas. Medidas de higiene particulares: Quitarse la ropa contaminada. Usar equipo de protección completo. Lavarse manos y cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo. Controles de la exposición del medio ambiente: Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente. El proveedor de los medios de protección debe especificar el tipo de protección que debe usarse para la manipulación del producto, indicando el tipo de material y, cuando proceda, el tiempo de penetración de dicho material, en relación con la cantidad y la duración de la exposición.
9. Propiedades físicas y químicas Aspecto: Sólido blanco Olor: Inodoro Densidad (20/4): 2,68 Solubilidad: 0,65 g/l (17°C) Soluble en agua.
10. Estabilidad y reactividad Condiciones que deben evitarse: ---- Materias que deben evitarse: Agua. Ácidos. (Se forma HF). Productos de descomposición peligrosos: ---- Información complementaria: ----
11. Información toxicológica Toxicidad aguda: ---- Efectos peligrosos para la salud: Los datos de que disponemos no son suficientes para una correcta valoración toxicológica. En base a las propiedades físico-químicas, las características peligrosas probables son: Contacto con la piel: Quemaduras. Irritaciones en piel y mucosas. Contacto en ojo: Quemaduras, trastornos de visión. Por ingestión: Quemaduras en esófago y estómago. Efectos sistémicos: Descenso del nivel de calcio en la sangre, ansiedad, espasmos, trastornos cardiovasculares, efectos en el sistema nervioso central. Por absorción: Espasmos, pérdida del conocimiento, arritmias, parálisis respiratoria, shock. Después de un periodo de latencia: Perjudicial para la médula ósea. No se descartan otras características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.
12. Información Ecológica



Movilidad: -----

Ecotoxicidad:

Test EC50 (mg/l):

Peces (*Leuciscus Idus*) (F-) = 660 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.

Bacterias (*Ps. putida*) (F-) = 231 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.

Algas (*Sc. quadricauda*) (F-) = 249 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.

Protozoos (*E. sulcatum*) (F-) = 101 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.

Medio receptor:

Riesgo para el medio acuático = Medio

Riesgo para el medio terrestre = Medio

Observaciones:

La ecotoxicidad se debe al ión F-

Degradabilidad:

Test: -----

Clasificación sobre degradación biótica:

DBO5/DQO Biodegradabilidad = -----

Degradación abiótica según pH: -----

Observaciones: -----

Acumulación:

Test: -----

Bioacumulación:

Riesgo = -----

Observaciones: -----

Otros posibles efectos sobre el medio natural:

No permitir su incorporación al suelo ni a acuíferos.

13. Consideraciones sobre la eliminación

Sustancia o preparado: En América Latina no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

Envases contaminados: Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.

14. Información relativa al transporte

Terrestre (ADR):

Denominación técnica: FLUOSILICATO SÓDICO

ONU 2674 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Marítimo (IMDG):

Denominación técnica: FLUOSILICATO SÓDICO

ONU 2674 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Aéreo (ICAO-IATA):

Denominación técnica: Fluosilicato sódico

ONU 2674 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Instrucciones de embalaje: CAO 619 PAX 619

15. Información reglamentaria

Etiquetado según Directiva de la CE




Indicaciones de peligro: Tóxico



Frases R: 23/24/25 Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.

Frases S: 26-45 En caso de contacto con los ojos, lave inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico. En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

Número de índice CE: 009-012-00-0



 Facultad de Química Coordinación de Protección Civil		HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS		 ÁCIDO SULFÚRICO Elaboración: 06/10/2016 Revisión: N.A.	
SECCIÓN I. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DATOS GENERALES DE LA EMPRESA					
1. Nombre de la sustancia química: Ácido sulfúrico.					
2. Uso recomendado y restricciones de la sustancia: Se utiliza para la fabricación de otros ácidos, fertilizantes, explosivos, pinturas, lacas y barnices entre otras.					
3. Nombre del fabricante o importador: N.D.			5. EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A: SETO: 0019-1188 0 01-800-00214-00 BOMBEROS UNAM: 5623-1560 / 5623-0565 / 5623-0566 PROTECCIÓN CIVIL UNAM: 5623-2480		
4. Distribuidor: N.D.					
SECCIÓN II. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS					
Pictograma de peligro: 		Palabra de Advertencia: PELIGRO Indicación de Peligro: H290. Puede ser corrosivo para los metales. H314. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares.			
SECCIÓN III. INFORMACIÓN DE LA SUSTANCIA QUÍMICA					
1. Nombre químico: Ácido sulfúrico 96% Fórmula: H ₂ SO ₄		2. Nombre comercial: Ácido Sulfúrico			
3. Porcentaje y nombre de los componentes: Azufre: 32.66%, Oxígeno: 65.26%, Hidrógeno: 2.06%		4. Solubilidad: Aceite de vitriolo, sulfato de hidrógeno, ácido de pizarra.		6. No. CAS: 7664-93-9	
7. Impurezas y aditivos estabilizadores: Agua, óxidos de nitrógeno y algunos metales pesados.		5. No. de ONU: 2810			
SECCIÓN IV. PRIMEROS AUXILIOS					
1. Vía de entrada		2. Primeros auxilios			
Oral		NO INDUCIR EL VÓMITO ya que existe riesgo de perforación del estómago y quemadura química en cavidad bucal. Nunca dé nada por la boca a una víctima que esté perdiendo la conciencia, inconsciente o con convulsiones. Haga que la víctima se enjuague la boca con abundante agua. Si está consciente dale a tomar de 60 a 240 ml de agua. Si no se puede evitar el vómito, haga que la víctima se incline hacia adelante para reducir el riesgo de aspiración.			
Cutánea		Retirar la ropa y calzado contaminados tan pronto como sea posible. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón al menos durante 20 minutos. Buscar atención médica inmediata.			
Ocular		Lavar los ojos con abundante agua corriente al menos durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la eliminación completa de la sustancia química. Buscar atención médica inmediata (oftalmólogo).			
Respiratoria		Retire a la víctima lejos de la fuente de exposición hacia un área ventilada. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad administrar oxígeno. Buscar atención médica inmediata.			
Efectos por exposición aguda: Irritación de la garganta, nariz y ojos. Los labios, uñas y piel se tornan azules. Puede provocar tos, mareo, fiebre, problemas del habla, vómito, náusea, aumento precipitado o disminución de presión arterial, edema pulmonar, pérdida de la visión, dificultad para respirar, debilidad corporal y dolor en el pecho. Riesgo de ceguera.					
Efectos por exposición crónica: La exposición a altas concentraciones de neblina ácida causa dermatitis, erosión y decoloración de los dientes, así como trastornos respiratorios.					
Indicaciones médicas: Si se requiere la revisión por un médico especialista en toxicología.					
EN CUALQUIERA DE LOS CASOS BUSQUE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE					
SECCIÓN V. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS					
1. Medio de extinción: Agua: <input type="checkbox"/> Espuma: <input type="checkbox"/> CO ₂ : <input checked="" type="checkbox"/> Polvo químico: <input checked="" type="checkbox"/> Otros medios: <input checked="" type="checkbox"/>					
Otras: Usar el agente de extinción adecuado según sea el tipo de incendio alrededor. NO AÑADIR AGUA DIRECTAMENTE AL ÁCIDO.					
2. Productos tóxicos de la combustión: Óxidos de azufre, hidrógeno, anhídrido sulfuroso y sulfúrico.					
3. Equipo de protección personal: Equipo de respiración autónoma (SCBA), guantes, botas, lentes de seguridad, y traje completo de protección de bombas.					
4. Condiciones que conducen a otro riesgo especial: En contacto con metales puede formarse hidrógeno gaseoso con riesgo de explosión. La reacción genera calor.					
5. Procedimiento y precauciones especiales durante el combate de incendios: Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas inoportunas y sin la debida protección. Utilizar el favor del viento. Usar equipo de protección personal adecuado a la sustancia. Si usa agua para apagar el fuego de los alrededores evitar que haga contacto con el ácido. Si es posible, retire del fuego los contenedores de ácido.					
SECCIÓN VI. MEDIDAS EN CASO DE DERRAME O FUGA ACCIDENTAL					
1. Procedimiento y precauciones especiales: Evacuar o aislar el área de peligro. Usar equipo de protección personal y respiratoria, evitando respirar las vapores, la neblina o el gas. Evitar el ingreso a personas sin equipo de protección personal. Ubicarse a favor del viento. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar ni caminar sobre el material derramado. No adicionar agua al ácido.					
2. Equipo de Protección: Equipo de respiración autónoma (ERA), guantes, botas y lentes de seguridad. En caso de incendio, traje completo de protección de bombas.					
3. Precauciones relativas hacia el medio ambiente: Evitar que el ácido llegue al alcantarillado o cualquier fuente de agua.					
4. Métodos y materiales para la contención: Contener el derrame con diques hechos de arena, tierra de diatomeas, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en alcantarillas, ríos y corrientes de agua. Neutralizar lentamente con cenizas de coque, cal u otra base.					
SECCIÓN VII. MANEJO Y ALMACENAMIENTO					
1. Precauciones para garantizar un manejo seguro: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Usar la menor cantidad posible. Evitar la formación de vapores o neblinas del ácido. Al diluirlo, adicione el ácido al agua lentamente ya que reacciona de manera violenta.					
2. Condiciones de almacenamiento seguro: Mantener ventilada el área de almacenamiento y uso. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, no comer en el sitio de trabajo. Conocer la ubicación del equipo para la atención de emergencias. Leer la etiqueta de seguridad antes de usar el producto.					

SECCIÓN VIII. CONTROL DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL						
1. VLE-PPT: 1 mg/m ³	2. VLE-CT: N.D.	3. VLE-P: N.D.	4. IPVS: N.D.	5. Grados de riesgo	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL B 	
6. Equipo de Protección Personal: Guantes, botas y lentes de seguridad.				Salud		3
				Inflamabilidad		0
7. Control técnico: Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional (OSHA PEL: TWA = 0.1 mg/m ³ , ACGIH = 0.2 mg/m ³). Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.				Reactividad	0	
SECCIÓN IX. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS						
1. Estado físico, color y olor: Líquido aceitoso, inodoro e incoloro a condiciones normales. Toma un ligero olor picante en caliente.		2. Umbral de olor:		1 mg/m ³		
3. pH (solución acuosa al 1 N):		0.3		4. Temperatura de fusión (a 1 atm, al 99%):		
5. Masa molar:		98.08 g/mol		6. Temperatura de ebullición (a 1 atm, al 95%):		
7. Temperatura de inflamación:		N.D.		8. Velocidad de evaporación (butilacetato = 1):		
9. Porcentaje de volatilidad:		N.D.		10. Presión de vapor (a 146°C):		
11. Densidad de vapor (aire=1)		3.4		12. Densidad de líquido (agua=1):		
13. Solubilidad en agua:		100%		14. Coeficiente de Partición n-octanol/agua:		
15. Temperatura de autoignición:		N.D.		16. Temperatura de descomposición:		
17. Viscosidad (a 55°C al 98%):		25 cps.		18. Otros datos relevantes: Reacciona violentamente con el agua.		
19. Límites de inflamabilidad (%):		Inferior: N A . - -		Superior: N A . - -		
SECCIÓN X. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD						
1. Sustancia: Estable <input checked="" type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/>		2. Incompatibilidad (sustancias a evitar): Agua, nitruros, nitratos, cloratos, carburos, polvos metálicos, picratos, ácido acético, ácido clorhídrico y amoníaco.				
3. Productos peligrosos de la descomposición: Óxidos de azufre, hidrógeno y ácido sulfhídrico.						
4. Polimerización espontánea: Puede ocurrir <input type="checkbox"/> No puede ocurrir <input checked="" type="checkbox"/>		Condiciones a evitar: Al contacto con agua reacciona violentamente, polimeriza violentamente con acetaldehído. Alejar de fuentes de calor o humedad.				
SECCIÓN XI. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.						
1. Vía	2. Síntomas	3. Corrosión/Irritación				
Cutánea	Enrojecimiento, ampollas, quemaduras severas, profundas y dolorosas.	Si				
Ocular	Enrojecimiento. Dolor. Lesiones de la córnea.	Si				
Oral	Quemaduras en el tracto digestivo con perforación en esófago y estómago. Dolor abdominal. Dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. Shock y colapso.	Si				
Respiratoria	Sensación de quemazón. Dolor de garganta. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Síntomas no inmediatos. Edema pulmonar.	Si				
1. Sustancia química considerada como: Carcinogénica <input checked="" type="checkbox"/> Mutagénica <input type="checkbox"/> Teratogénica <input type="checkbox"/>						
CL ₅₀ : 18 mg/m ³ (conejo), 510 mg/m ³ (rata), 2 hrs)			DL ₅₀ : 2140 mg/kg (rata) (solución al 25%)			
2. Otros riesgos o efectos a la salud: Efectos mutagénicos y teratogénicos sólo se han reportado en animales.						
SECCIÓN XII. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA.						
1. Toxicidad: Es considerado altamente tóxico para la vida acuática.						
2. Persistencia y degradabilidad: Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.						
3. Potencial de bioacumulación: No se espera bioacumulación.						
4. Movilidad en el suelo: En el suelo puede disolver algunos minerales, deteriorando las características de éste.						
SECCIÓN XIII. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS.						
Método de desechos de desperdicios: Neutralizar la sustancia con carbonato de sodio o cal apagada. Una alternativa de eliminación es considerar la técnica para cancerígenos, la cual consiste en hacer reaccionar dicromato de sodio con ácido sulfúrico concentrado (la reacción dura aproximadamente 1-2 días). Debe ser realizado por personal especializado. La incineración química en incinerador de doble cámara de combustión, con dispositivo para tratamiento de gases de chimenea es factible como alternativa de eliminación.						
SECCIÓN XIV. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE						
Precauciones especiales: No transportar con sustancias explosivas, comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos ni alimentos. En contacto con agua pueden desprender gases inflamables (hidrógeno).		INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE				
		Etiqueta: Líquido Corrosivo.				
		No. ONU: 1830				
		No. de identificación de peligro: 8				
		Nombre de expedición: Ácido Sulfúrico (98%).				
		No. en Guías de RE: 137				
						
SECCIÓN XV. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA						
Listado de actividades altamente riesgosas relativo a sustancias tóxicas (DOF 28/mar/90): Cantidad de reporte en estado líquido, como Oleum, a partir de 10,000 kg.						
Listado de actividades altamente riesgosas relativo a sustancias explosivas e inflamables (DOF): No aparece.						
Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales: NOM-001-SEMARNAT-1996.						
SECCIÓN XVI. OTRA INFORMACIÓN						
Sin información.						