



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO GRAVIMÉTRICO DEL
CONCENTRADOR FALCON PARA LA RECUPERACIÓN DE
ESTAÑO FINO A PARTIR DE RELAVES EN LA MINA
SAN RAFAEL

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUZ ELENA TRUJILLO CISENARDO

Bach. DANICA BEATRIZ TRUJILLO CICENARDO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A Dios por permitirnos llegar a este momento tan especial de nuestras vidas, a nuestros padres Nonato Trujillo y Roberta Cisenardo por ser las personas que nos acompañaron durante todo este trayecto estudiantil y de vida las cuales nos enseñar a luchar por nuestros sueños nos motivaron ser mejores cada día

A nuestros hermanos: Jose, Josue, Elifath

A mis docentes de la escuela profesional Ingeniería Metalúrgica por sus enseñanzas y su tiempo.

Luz Trujillo

Danica Trujillo



AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme guiado en el camino
- Agradezco el apoyo y la confianza brindado por nuestros padres Nonato Trujillo y Roberta Cisenardo sin duda alguna demostraron su amor corrigiendo nuestras faltas y celebrando nuestros triunfos
- A los docentes de la E.P.I.M que nos apoyaron en este proyecto.
- Finalmente agradecemos a todos los que nos apoyaron durante este recorrido de nuestras vidas.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1 Problema general.....	23
1.2.2 Problemas específicos	23
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1 Hipótesis general.....	23
1.3.2 Hipótesis específicas	24
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	24
1.4.1 Antecedentes del problema	24
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.5.1 Objetivo general	25
1.5.2 Objetivos específicos	25



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES.....	26
2.1.1	Descripción del proyecto.....	29
2.1.2	Especificaciones técnicas aplicadas	29
2.2	MARCO TEÓRICO.....	30
2.2.1	Mineralurgia del estaño.....	30
2.2.2	Mineralogía del relave.....	30
2.2.3	Obtención y aplicación.....	31
2.2.4	Propiedades físicas y químicas.....	33
2.3	CONCENTRACIÓN DE MINERALES	34
2.3.1	Etapa de concentración	35
2.4	CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA.....	36
2.4.1	Requerimientos para una eficiente concentración gravimétrica	36
2.5	DISPONIBILIDAD DE AGUA.....	38
2.6	TIPOS FUNDAMENTALES DE CONCENTRACIÓN	39
2.6.1	Separadores centrífugos en medio densos.....	39
2.6.2	Concentradores centrífugos.....	40
2.6.3	La versatilidad de los concentradores centrífugos incluye:	40
2.6.4	Uso de concentradores centrífugos	41
2.6.5	Donde se usa un concentrador centrífugo	41
2.7	CONCENTRADOR CENTRÍFUGO KNELSON.....	42
2.7.1	Concentradores knelson: características generales	42
2.7.2	Concentrador centrífugo knelson: descripción del proceso:	42
2.8	CONCENTRADOR CENTRÍFUGO FALCON	44



2.8.1	Rendimiento metalúrgico	45
2.8.2	Rendimiento mecánica	45
2.8.3	Vibración.....	46
2.8.4	Consumo de agua	46
2.8.5	Costo	47
2.8.6	Modelos de concentradores centrífugos por gravedad falcón.....	47
2.8.7	Usos en	47
2.8.8	Diferencia entre las máquinas falcon ‘SB’ y Falcon ‘C’	47
2.8.9	Concentrador centrífugo falcón: parámetros operacionales de diseño....	48
2.8.10	Aplicaciones de los concentradores falcon	49
2.8.11	Falcon serie “C”:	52

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ZONA DE ESTUDIO	54
3.1.1	Ubicación	54
3.1.2	Clima y temperatura.....	56
3.1.3	Flora y fauna	56
3.1.4	Geología.....	57
3.1.5	Hidrogeología.....	58
3.1.6	Procedencia del mineral	58
3.2	METODOLOGIA	58
3.2.1	Nivel de investigación.....	59
3.2.2	Tipo de investigación	59
3.2.3	Caracterización del mineral.....	59
3.3	LIMPIEZA DE CONTAMINANTES	60



3.3.1	Flotación de Sulfuros Gruesos (SR-001-06-AD17007-4000-10-36-0006)	61
3.3.2	Flotación de Sulfuros Finos (SR-001-06-AD17007-4000-10-36-0006).	62
3.4	FORMULACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	63
3.5	ANALISIS GRANULOMETRICO DE ALIMENTO A LA FALCON UF 600	65
3.5.1	Definiciones y abreviaturas	65
3.5.2	Equipos de protección personal	65
3.5.3	Equipo / herramienta / materiales de trabajo.....	66
3.5.4	Descripción	67
3.6	PRINCIPIO DE OPERACIÓN.....	67
3.6.1	Muestreo.....	67
3.6.2	Preparación de muestra	68
3.6.3	Falcon Uf – 600:.....	71

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	PRUEBAS PRELIMINARES DE GRANULOMETRÍA	73
4.1.1	Por método malla valorada.....	73
4.1.2	Circuito de prueba para malla valorada.....	80
4.2	DESARROLLO DE PRUEBAS DE TIEMPO EN EL CONCENTRADOR FALCON.....	95
4.2.1	Prueba de tiempo en el concentrador falcón 1	96
4.2.2	Prueba de tiempo en el concentrador falcón 2	99
4.2.3	Prueba de tiempo en el concentrador falcón 3	101
4.2.4	Prueba de tiempo en el concentrador falcon 4	104
4.2.5	Grafico de pareto de recuperación	113



V. CONCLUSIONES.....	115
VI. RECOMENDACIONES	116
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	120

Área : Metalurgia Extractiva

Tema : Proceso Gravimétrico

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de enero de 2020



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos de concentración de minerales.....	34
Tabla 2. Especificaciones de modelos Falcon C	48
Tabla 3. Especificaciones de modelos Falcon SB	49
Tabla 4. Análisis químico del relave	60
Tabla 5. Gráfico de puntos del diseño Factorial 2n.....	64
Tabla 6. Parámetros del diseño experimental.....	64
Tabla 7. Prueba de Análisis granulométrico 1.....	74
Tabla 8. Distribución de malla valorada alimento prueba 1	75
Tabla 9. % de sn calculado y ensayado del alimentoDMVP1	76
Tabla 10. Distribución de malla valorada concentrado prueba 1	77
Tabla 11. % de sn calculado y ensayado del concentrado DMVP1	77
Tabla 12. Distribución de malla valorada relave prueba 1	79
Tabla 13. % de sn calculado y ensayado del relave DMVP1	79
Tabla 14. Análisis granulométrico prueba 2.....	81
Tabla 15. Distribución de malla valorada alimento ultrafino	83
Tabla 16. % de sn calculado y ensayado del alimento DMVP2.....	83
Tabla 17. Distribución De Malla Valorada Concentrado Ultrafino.P2.	85
Tabla 18. % de sn calculado y ensayado del concentrado DMVP2	85
Tabla 19. Distribución de malla valorada de relave ultrafinos. p2.....	86
Tabla 20. % De sn calculado y ensayado relave DMVP2.	87
Tabla 21. Prueba de análisis granulométrico 3.....	88
Tabla 22. Distribución de malla valorada alimento p3.....	89
Tabla 23. % De Sn calculado y ensayado alimento DMVP3.	90



Tabla 24.	Distribución De Malla Valorada Concentrado P3.....	91
Tabla 25.	% De Sn calculado y ensayado concentrado DMVP3.....	91
Tabla 26.	Distribución de malla valorada relave p3.....	92
Tabla 27.	% de sn calculado y ensayado relave DMVP3	92
Tabla 28.	Parámetros de operación inicial.....	95
Tabla 29.	Reporte de pruebas	96
Tabla 30.	% de recuperación a malla 22 micras	96
Tabla 31.	Parámetros de la prueba 1.....	97
Tabla 32.	Rendimiento metalúrgico prueba 1 por leyes	97
Tabla 33.	Balance metalúrgico prueba 1	98
Tabla 34.	Parámetros de operación prueba 2.....	99
Tabla 35.	Rendimiento metalúrgico concentrado P2.....	100
Tabla 36.	Concentrado Falcon P2.....	100
Tabla 37.	Prueba 3 de 120 segundos	102
Tabla 38.	Rendimiento metalúrgico P3.	102
Tabla 39.	Concentrado P3	103
Tabla 40.	Prueba 4	105
Tabla 41.	Rendimiento metalúrgico P4	105
Tabla 42.	Concentrado P4	106
Tabla 43.	Distribución de % de sn en tiempos	107
Tabla 44.	Diseño experimental.....	109
Tabla 45.	Factores.....	110
Tabla 46.	Recuperación	110
Tabla 47.	Efectos estimados para recuperación.....	110
Tabla 48.	Análisis de varianza para recuperación	111



Tabla 49.	Coeficiente de regresión para la recuperación.....	111
Tabla 50.	Análisis de residuos	112
Tabla 51.	Granulometría.....	113



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Casiterita nivel microscópico	31
Figura 2. Etapas de concentración	35
Figura 3. Efecto del tamaño de partículas.....	37
Figura 4. Criterio de concentración.....	38
Figura 5. Concentrador centrífugo Knelson.....	43
Figura 6. Concentrador Falcon.....	50
Figura 7. Falcon serie “C”.....	52
Figura 8. Ubicación de la mina San Rafael.....	55
Figura 9. Diseño experimental.....	64
Figura 10. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG1	74
Figura 11. Distribución de malla valorada alimento prueba 1	76
Figura 12. Distribución de malla valorada concentrado, prueba 1	78
Figura 13. Distribución de malla valorada relave, prueba 1	80
Figura 14. Circuito del concentrado Falcon.....	80
Figura 15. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG2	82
Figura 16. Distribución de malla valorada alimento, prueba 2.....	84
Figura 17. Distribución de malla valorada concentrado ultrafino, prueba 2.....	86
Figura 18. Distribución de malla valorada relave ultrafino, prueba 2	87
Figura 19. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG3	88
Figura 20. Distribución de malla valorada alimento prueba 3.....	90
Figura 21. Distribución de malla valorada concentrado prueba 3	91
Figura 22. Distribución de malla valorada relave prueba 3	93
Figura 23. Diseño experimental	93



Figura 24.	Diseño experimental	94
Figura 25.	Diseño experimental	94
Figura 26.	Distribución de tiempo de residencia prueba 1	99
Figura 27.	Distribución de tiempo de residencia prueba 2	101
Figura 28.	Distribución de tiempo de residencia prueba 3	104
Figura 29.	Distribución de tiempo de residencia prueba 4	107
Figura 30.	Distribución del cuadro comparativo de P1, P2, P3 y P4.....	108
Figura 31.	Muestreo de muestra para planta piloto.....	129
Figura 32.	Verificación del falcón	129
Figura 33.	Determinación de gravedad específica realizada a las muestras de muestreo general.....	130
Figura 34.	Secado de muestras.....	130
Figura 35.	Muestras de pruebas en uf-600 para llevar al laboratorio	131
Figura 36.	Cuarteo de muestras.....	131
Figura 37.	Verificación de los puntos de muestreo.....	132
Figura 38.	Se inicia con el cuarteo de las muestras para poder homogenizar.....	132
Figura 39.	Cancha de Relave	133
Figura 40.	Mallas o tamices	133
Figura 41.	Rotpad.....	134
Figura 42.	Deslamador.....	134
Figura 43.	Deslamador Concentrador falcón a nivel laboratorio.....	135



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

(%)	:	Porcentaje
(-)	:	Mínimo
(')	:	Minutos
(")	:	Segundos
(+)	:	Máximo
(μ)	:	Micra
(μm)	:	Micrones
($^{\circ}$)	:	Grados
(Cs)	:	Casiterita
(Cu)	:	Cobre
(g/TM)	:	Gramos por tonelada métrica
(Hp)	:	Caballos de fuerza
(L/min)	:	Litros por minuto
(lts.)	:	Litros
(m.s.n.m)	:	Metros sobre el nivel del mar
(m^3/h)	:	Metros cúbicos por hora
(Mm)	:	Milímetros
(Mt)	:	Magnetita



(Py)	:	Pirita
(Rpm)	:	Revoluciones por minuto
(Sn)	:	Estaño
(T)	:	Tiempo
(Ton/h)	:	Tonelada por hora
Min.	:	Minutos
Seg.	:	Segundos



RESUMEN

Actualmente en la unidad minera MINSUR – San Rafael B2 para recuperar estaño fino a partir de relaves utiliza el concentrador gravímetro falcon recuperándose 48.82 % a una malla de 22 micras y un tiempo de 100 segundos; en tal razón en el presente trabajo de investigación se evalúa el tiempo y la granulometría real para poder optimizar el proceso gravimétrico de recuperación, utilizando la metodología de investigación experimental, tipo de investigación demostrativo explicativo, la estadística descriptiva e inferencial y el diseño factorial experimental simple 2^2 para comparar los valores obtenidos en la parte experimental; siendo el objetivo general optimizar el proceso gravimétrico falcón a nivel planta piloto para la recuperación de estaño fino a partir de relaves llegándose a las siguientes conclusiones: La recuperación actual que se obtiene de estaño a fino a partir de relaves utilizando el proceso gravimétrico falcón es de 56.42% demostrándose que se incrementó en 7.6 % de recuperación para ello se trabajó con una granulometría fina de 15 micras a malla -400, para optimizar el 7.6 % de recuperación de estaño fino a partir de relaves; se inició alimentando la pulpa al concentrador centrifugo gravimétrico falcon con 22 micrones hasta llegar a 15 micrones que es la granulometría óptima y para determinar el tiempo óptimo de recuperación, se realizó cuatro pruebas iniciándose la primera prueba a 100 , 110 , 120 y 150 segundos respectivamente, evidenciándose que el tiempo optimo es de 120 segundos.

Palabras clave: Optimización, análisis granulométrico, tiempo, análisis gravimétrico y análisis químico.



ABSTRACT

Currently in the MINSUR - San Rafael B2 mining unit to recover fine tin from tailings, the falcon gravimeter concentrator is recovered, recovering 48.82% to a 22 micron mesh and a time of 100 seconds; In this reason, in this research work, the time and the actual grain size are evaluated in order to optimize the gravimetric recovery process, using the experimental research methodology, type of explanatory demonstrative research, descriptive and inferential statistics and simple experimental factorial design 2 2 to compare the values obtained in the experimental part; the general objective being to optimize the falcón gravimetric process at the pilot plant level for the recovery of fine tin from tailings reaching the following conclusions: The current recovery obtained from tin to fine from tailings using the falcón gravimetric process is of 56.42% proving that it was increased by 7.6% recovery for this purpose, a fine granulometry of 15 microns was used to mesh -400, to optimize the 7.6% recovery of fine tin from tailings; It began by feeding the pulp to the falcon gravimetric centrifuge concentrator with 22 microns until it reaches 15 microns, which is the optimum granulometry and to determine the optimal recovery time, four tests were performed starting the first test at 100, 110, 120 and 150 seconds respectively, evidencing that the optimal time is 120 seconds. In the pilot plant the equipment and parameters that are going to be considered in the industrial level concentrating plant of the bofedal 2 project of the mining company San Rafael are being refined This research work was developed in the months of April, May and June of the year 2018 at the pilot plant of the San Rafael - Antauta mine, with the main objective of optimizing the gravimetric process of the falcón centrifuge concentrator, determining the optimal granulometry of food to the falcon concentrator and in the same way optimizing the centrifugation time parameter of the falcon concentrator, that is why this research carries out the OPTIMIZATION OF THE GRAVIMETRIC PROCESS OF THE



FALCON CONCENTRATOR FOR THE RECOVERY OF FINAL TIN FROM RELAVES IN THE SAN RAFAEL MINE, for which the particle size was optimized using the valued mesh test method that It consists of the evaluation of the% recovery of fine tin for each mesh from +1 00 to the -400 mesh where the distribution of fines was in the 15 micron mesh, the concentration time varies from 100 seconds to 150 seconds, as the concentration time increases the recovery increases having a recovery of 56.42% fine tin at a particle size of 15 microns.

Keywords: optimization, granulometric analysis, gravimetric analysis and chemical analysis.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El proyecto de la unidad minera san Rafael tomara los antiguos relaves teniendo en consideración que en la planta piloto se está afinando los equipo y parámetros que se van a considerar en la planta concentradora a nivel industrial del proyecto bofedal 2 de la empresa minera San Rafael que se tiene previsto el inicio de construcción en el año 2019 por ende estos parámetros obtenidos incrementara una mayor concentración de estaño fino de mejor calidad cuyo porcentaje de recuperación experimental es de 56.42%. Con este resultado se concluye que se ha optimizado y mejorado el mayor porcentaje de recuperación de estaño fino a partir de relaves y a si se realizara el incremento económico de estaño ahí contenido los residuos de este proceso serán almacenados en un nuevo depósito de relaves, para la extracción de relave de depósito se implementará nuevas estructuras operativas dentro de la misma área de actividades de la unidad minera san Rafael en las cuales destacan la planta de reaprovechamiento de relaves el nuevo depósito de relaves de depósito de relaves y las tuberías de transporte de relave y recuperación de agua. ¿Cómo funcionarán las nuevas estructuras operativas del proyecto en san Rafael? Como resultado de antiguas operaciones y explotaciones en san Rafael se genera ron relaves que fueron dispuestos en el depósito estos relaves a un tienen contenido de estaño por ello este material será extraído con maquinaria como cargadores frontales y acumulado en pilas y estos cargadores trasportaran a la nueva planta de reaprovechamiento de relaves en donde se separara el estaño del material residual a través de procesos de molienda, gravimetría y flotación utilizando para ello equipos de alta tecnología una vez obtenido el concentrado de estaño este se despachara junto con el



contenido de concentrado de la planta de concentradora de estaño a la planta de fundición y refinería pisco en donde se obtendrán las barras de estaño.

Esta investigación tiene como principal propósito de estudio de la optimización del proceso de gravimetría, la investigación que presentamos se acoge a la finalidad de una propuesta de mejora continua de establecer parámetros que determinen la eficiencia del proceso.

De este modo, todo el planteamiento y desarrollo de esta tesis de investigación se fundamenta en una interrogante fundamental que da sentido y forma a todos nuestros planteamientos. Este interrogante es el siguiente ¿Qué parámetros debo optimizar para mejorar la eficiencia del proceso gravimétrico?

Esta pregunta, a buen seguro se prestara a múltiples respuestas y a variados planteamientos de la cuestión, pero, en el caso que nos ocupa cabe destacar en un tratamiento de ella que procede de nuestra formación como metalurgistas y, por lo tanto, como profesionales de ingeniería ya en el estado teórico, ya en el estado práctico, y consecuente, el método gravimétrico es uno de los procesos de separación de especies más económicas que existe por lo que es ampliamente utilizado en los minerales de bajo costo siempre y cuando sus propiedades se ajusten a lo requerido de separación hay que dar mucha importancia al control granulométrico a través de intervalos relativamente estrechos de tamaños de partícula y su densidad relativa esta operación se basa en las características de diferencia de densidad de los elementos contenidos en materiales heterogéneos, es decir que se basa en el mayor peso, influidos por la fuerza de gravedad, de un elemento con respecto a otro, en el caso de la metalurgia existe diversos equipos para realizar las operaciones de recuperación basados en principios gravimétricos se basa en el incremento de la gravedad por la aplicación de fuerza centrífuga, lo que multiplicado



por la alta densidad de los metales preciosos permite que las densidades proyectadas tengan una mayor diferencial entre uno y el otro elemento. Esto son los llamados equipos de medios densos como los concentradores falcón.

Al optimizar el proceso gravimétrico en la recuperación de estaño fino mediante el uso racional de diseños experimentales y de una estrategia adecuada obtenemos las condiciones óptimas de una manera rápida eficiente y confiable para determinar experimentalmente una óptima condición de proceso gravimétrico y a si tener una mayor recuperación de estaño fino a partir de relaves y a si seguir mejorando la sustentabilidad de trabajo en la unidad minera san Rafael.

Los residuos resultantes en el proceso de reaprovechamiento serán conducidos a través de un sistema de tuberías al nuevo depósito de relaves b4 , este nuevo depósito estará compuesto por un dique principal , dique auxiliar y un sistema de transporte de relaves y un sistema de recirculación de agua recuperada asegurando a si las condiciones e ingeniería ambiental para evitar cualquier incidente el depósito b4 contara con un sistema de tuberías de sub drenaje sobre estas se añadirá material de relleno y se revistera con geo membrana a si evitando la filtración de cualquier elementos químicos ingeniería ambiental para evitar cualquier incidente el depósito b4 contara con un sistema de tuberías de sub drenaje sobre estas se añadirá material de relleno y se revistera con geo membrana a si evitando la filtración de cualquier elementos químicos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el tratamiento de los minerales, para tener resultados satisfactorios, es necesaria la conjugación de muchos factores, dentro de ellos está el determinar los parámetros más óptimos Y condiciones óptimas en el proceso de concentración



gravimétrico en el equipo falcón, con la finalidad de obtener buena calidad de concentrados con las mínimas pérdidas posibles

Si bien el tratamiento de los datos estadísticos de muestras poblacionales tuvo sus comienzos en el campo de la bioquímica y en la agricultura en aquellos años todas las ramas de la ingeniería han puesto énfasis en aplicarlos y era de esperarse la aplicación en el campo de la metalurgia también sea encontrado en ella una herramienta útil el diseño experimental.

Mediante este programa se determina las variables que tienen mayor significancia en el proceso ya sea en el diseño factorial 2K replicado, diseño factorial fraccionados y diseño plackett-burman. Posteriormente se optimiza dichas variables con los diseños de optimización, entre ellos diseños pentagonales, hexagonales, octagonales y compuestos.

Es muy importante destacar la dificultad que se tiene para la recuperación del material valioso siendo necesario investigar otras técnicas de concentración que aprovechen propiedades físicas del material, el concentrador Falcón es uno de ellos, lo cual permite mayor concentración de granulometría fina y no solamente se basa en la fuerza centrífuga para separar minerales de minerales diferentes, también tienen la capacidad de mejorar el porcentaje de recuperación de concentrado de estaño fino, la concentración gravimétrica es un término usado generalmente para describir aquellas operaciones donde mezclas de partículas de distintos tamaños. Formas y gravedad específica son separadas unas de otras por medio del uso de la fuerza de gravedad o de fuerzas centrifugas.

El presente trabajo de investigación busca optimizar las variables más importantes como la granulometría que influyen en la concentración gravitacional de concentrados gravimétricos y a su vez determinar el tiempo de recuperación en el concentrador Falcón



mediante diseños experimentales que reducen el tiempo de experimentación y el costo de la investigación.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cómo optimizaremos el proceso gravimétrico en el equipo centrifugación falcon en la planta piloto de la mina san Rafael?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo se determinará la granulometría óptima en el equipo falcon optimizar el % de recuperación de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael?
- ¿En qué tiempo se debe concentrar en el equipo granulométrico falcon para una concentración óptima de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

Si optimizamos las variables influyentes en el proceso gravimétrico falcón a nivel planta piloto se maximiza la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la unidad minera san Rafael.



1.3.2 Hipótesis específicas

- Si determinamos una granulometría óptima en el equipo falcon se maximizará el % de recuperación de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael.
- Al determinar el tiempo óptimo en el equipo gravimétrico falcon la recuperación de estaño fino será óptimo el % de recuperación de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Al optimizar un proceso gravimétrico en la recuperación de estaño fino mediante el uso racional de diseños experimentales y de una estrategia adecuada obtenemos las condiciones óptimas de una manera rápida eficiente y confiable para determinar experimentalmente una óptima condición de proceso gravimétrico y a si tener una mayor recuperación de estaño fino a partir de relaves y a si seguir mejorando la sustentabilidad de trabajo en la unidad minera san Rafael.

1.4.1 Antecedentes del problema

En la planta piloto de estaño fino de la mina san Rafael se procesa con leyes de cabeza de 0,80 a 1.00 % de estaño fino y es donde la recuperación promedio llega a de 48.92% de estaño fino a partir de relaves y parte de ello en interés de optimizar % de recuperación del concentrado de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael, lo cual se realiza el estudio de las pruebas para así poder maximizar un mayor concentrado.



1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

Optimizar el **proceso gravimétrico falcón** a nivel planta piloto para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la unidad minera San Rafael.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar la **granulometría óptima** en el equipo falcon para optimizar el % de recuperación de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael.
- Determinar el **tiempo óptimo** en el equipo granulométrico falcon para una concentración optima de estaño fino a partir de relaves en la planta piloto de la mina san Rafael.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Quispe (2009) en su trabajo de investigación de tesis que se realizó La planta piloto de crucero de la UNA puno, se encuentra en el distrito de crucero a una distancia de 221 km desde la ciudad de Puno, en donde se procesa mineral sulfurado de cobre, en donde el proceso de flotación es empleado desde hace mucho tiempo como un proceso físico químico convencional para la concentración del mineral de cobre, plomo, zinc, etc. Finamente molidos, la sensibilidad del proceso a diversos factores pueden afectar ostensiblemente su eficiencia haciéndolos menos competitivos con respecto a otros procesos para ese trabajo de aplico el diseño experimental factorial 2^3 para la primera etapa de investigación de cribado (screening), y se determinaron las variables más significativas, se evaluaron la influencia de las siguientes variables: Porcentaje de granulometría (malla 200), adición del colector (frother70) g/TM, agitación de la pulpa (rpm), posteriormente se realizó la etapa de escalamiento, utilizando el método de la pendiente ascendente, para finalmente optimizar el modelo matemático, llegando a optimizar las variables influyentes en el proceso. Con un resultado de recuperación de 93.87%Cu.

Quispe (2003) la estrategia de experimentación (análisis estadístico mediante diseño factorial fraccionado) ha generado la cantidad de información suficiente para tener conocimiento pleno de las variables estudiadas. De acuerdo al diseño experimental de diagnóstico planteado (factorial Fraccionado) nos indica que son altamente significativas las variables pulsaciones, giro. Mediante el diseño experimental Hexagonal se evalúa el



comportamiento y su influencia en la recuperación de la ley de Sn en función a la variable X_1 = Pulsaciones, X_2 = Giro encontrándose que los valores óptimos son X_1 = 41.58 HZ, X_2 = 35.29 HZ. Con el proceso en estudio proyectado de sistema continuo por el método de concentración gravitacional en concentrados en sección gravimetría sea obtenido una recuperación de 71.80% de ley de Sn. El proceso propuesto es este estudio supera el proceso de recuperación. en concepto de recuperación, por lo tanto, también en costos de recuperación y beneficio en la venta de los concentrados, en consecuencia, es viable su aplicación en la concentración gravitacional para su eficiente procedimiento. El presente proyecto demuestra través de la evaluación económica una rentabilidad a la inversión de 43.76 % y la rentabilidad sobre las ventas de 48.82 %.

Vilcapoma y Chávez (2012) el análisis se realizó en un concentrador gravimétrico falcón y los siguientes son nuestros resultados.

Prueba 1

El concentrador gravimétrico falcón peso 66.48, el cual se pasó por la malla Nro. 100. Para hacer un análisis por retallado 690.6g Au/TM.

Prueba 2

El concentrado gravimétrico falcón peso 94,83g, el cual se pasó por la malla Nro. 100 para hacer un análisis retallado del oro grueso, dando un resultado +100 mallas de 335.9 g Au/TM y en -100 mallas de 406.3g Au/TM

Prueba 3

El concentrado gravimétrico falcón peso 129.9, el cual se pasó por la malla Nro. 100 para hacer un análisis retallado del oro grueso, dando un resultado +100 mallas de 3703 g Au/TM y en -100 mallas de 226.6g Au/TM



Prueba 4

El concentrado gravimétrico falcón peso 126.03g, el cual se pasó por la malla Nro. 100 para hacer un análisis retallado del oro grueso, dando un resultado +100 mallas de 8206 g Au/TM y en -100 mallas de 202.8g Au/TM.

La concentración gravimétrica Falcón presenta resultados atractivos en la recuperación del mineral en las pruebas metalúrgicas siendo los resultados los siguientes

Prueba numero 1

Prueba. Nº 1 – 001 Marisol 76.23%

Prueba. Nº 2 – 002 Marisol 76.73%

Prueba. Nº 3 – 003 Gavilán de oro 78.57%

Prueba. Nº 4 – 004 Gavilán de oro 78.77%

Valdivia (2014) de las etapas de optimización que concluye que la recuperación de estaño en el concentrado es afectada principalmente por granulometría y grado de agitación incrementando el grado de molienda y reduciendo el grado de agitación se obtiene mayores recuperaciones. Se logró incrementar la recuperación del estaño de 88.7%, obtenida en estudios preliminares del proyecto a 92.57% a nivel de laboratorio; optimizando las variables principales de mayor influencia como: grado de molienda, incrementando a 82% malla 400 tyler, y el grado de agitación siendo reducido a 914.7rpm, el grado de agitación. Las otras variables se mantuvieron en sus puntos medios de la primera etapa, las otras variables se mantuvieron en sus puntos medios de la primera etapa, en vista que no tenían efectos significativos sobre la recuperación de estaño. En la etapa final de optimización se obtuvo el modelo matemático a escala natural. El modelo



final encontrado no posee n máximo ni mínimo sino un punto de silla de montar recomendado y mediante el análisis del modelo se obtuvo un punto óptimo de recuperación de 92.57% dentro de los rangos de estudio. La ley de Estaño en el concentrado es afectada principalmente por la Granulometría, mientras más fina sea la granulometría la ley de Estaño será menor los cambios de las condiciones de trabajo no causan mayores impactos en la recuperación de fierro en el concentrado de Estaño. Los métodos de optimización empleados en el presente caso asumen que todas pruebas experimentales son llevadas a cabo en forma aleatoria y por el personal capacitado para obtener los resultados con un mínimo error experimental.

2.1.1 Descripción del proyecto

Las actividades previas realizadas fue el estudio previo del terreno balances metalúrgicos estudios de suelo

2.1.2 Especificaciones técnicas aplicadas

Para la generación y revisión de los procedimientos, protocolos y estándares de calidad se tomaron como referencia las siguientes normas relacionadas al muestreo, preparación, análisis químico y determinación de gravedades específicas. Las normas técnicas de referencia son las siguientes.

- UNE 66020-1:2001 Procedimientos de muestreo.
- JIS M 8101:1988 Methods for sampling, preparation and determination of moisture content of non-ferrous metal bearing ores
- JIS M 8100:1992 Particulate materials -- General rules for methods of sampling
- Norma ASTM (American Society for Testing and Materials)



- ASTM D854 – 14 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
- Norma ISO (International Organization for Standardization)
- ISO/IEC 17025:2005 Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Mineralurgia del estaño

El estaño tiene su origen etimológico en las lenguas anglosajonas, pero se deriva del latín stannum y el antiguo stagnum, término que significa “sustancia”. Se sabe que los humanos tienen conocimiento de esta sustancia desde los tiempos remotos y se estima que el hombre comenzó a utilizar el estaño en los comienzos de la edad de bronce, es decir; por el año 3000 a.C., aproximadamente. Es un elemento metálico blando plateado, es tan maleable y dúctil, que se puede enrollar en hojas de menos de una milésima de centímetro de espesor que forma el conocido papel de estaño. Su número atómico es 50 y se identifica en la tabla periódica de elementos con el símbolo de Sn se usa para la soldadura blanda, aleado con plomo. Además, se usa para recubrir las latas de acero ya que no es tóxico ni corrosivo. Los compuestos de estaño se usan para fungicidas, tintes y pigmentos.

2.2.2 Mineralogía del relave

El relave está dominado por cuarzo y en menor cantidad por cordierita, feldespatos, mica, turmalina y carbonatos. La casiterita es el mineral de estaño dominante y la cantidad de estannita es insignificante.

La casiterita se presenta como granos liberados y también en partículas mixtas. La casiterita no liberada está presente en cada fracción, en la fracción + 53 micras es más abundante, la casiterita liberada está presente en mayor cantidad en la fracción - 21 micras. Las imágenes de la Figura 1, fueron tomadas en un microscopio de luz polarizada y corresponden a la muestra de cabeza el contenido promedio de Estaño en la cabeza es de 0.848 % mientras que el contenido De fierro es de 38.4 %.

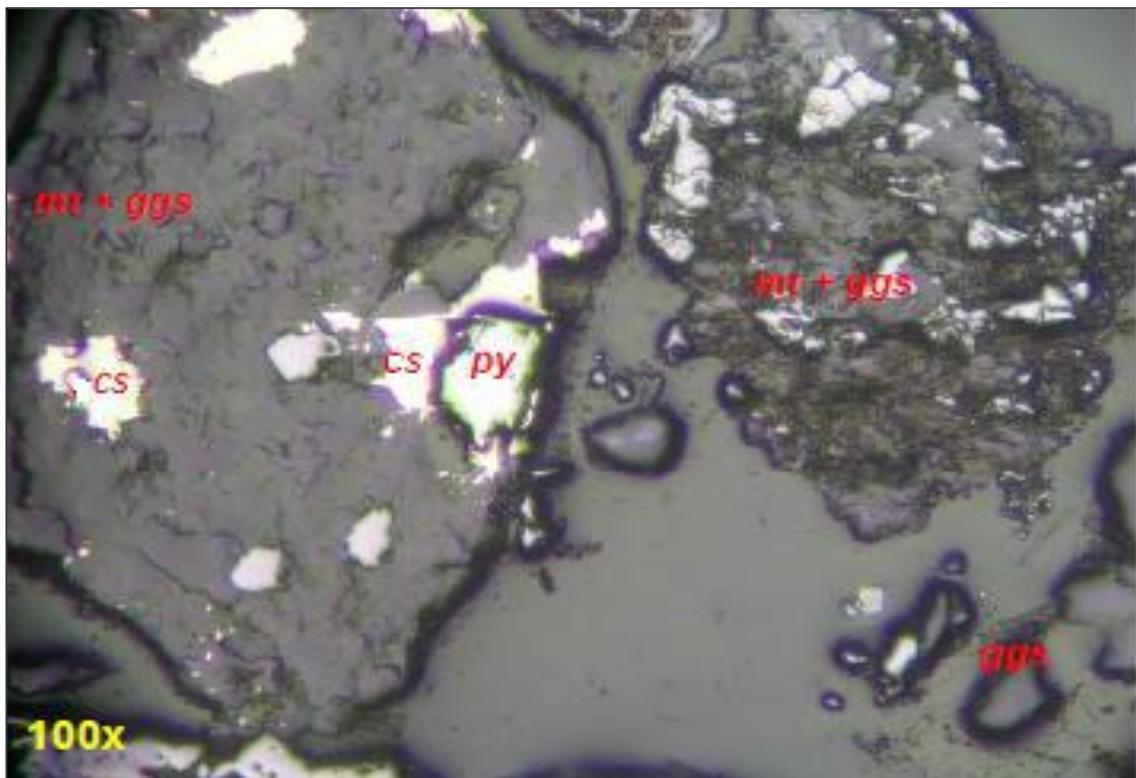


Figura 1. Casiterita nivel microscópico

Fuente: Ames Laboratory.

2.2.3 Obtención y aplicación

El estaño se obtiene principalmente a partir de La casiterita es un óxido de estaño que además es la principal mena de este mineral. Se forma en filones hidrotermales y en pegmatitas asociadas con intrusiones graníticas. Debido a su durabilidad, es también frecuente que aparezca concentrada en depósitos aluviales, en ocasiones en grandes cantidades que permiten que sea rentable explotarla, como ocurre en Malasia, por



ejemplo. La casiterita suele contener el 78.6% de estaño y el 21.4% de oxígeno, con algo de hierro, niobio y tántalo sustituyendo al estaño. Infusible e insoluble.

Se usa en el azogado de espejos. De manera menos frecuente también es usado en la artesanía como repujados sin dudas su uso popular más generalizado es en las bobinas para soldar se usa para hacer bronce, que es una aleación de estaño y cobre con él se confecciona el papel de estaño y además como conservante de alimentos.

En una amplia variedad de aleaciones con otros metales: con plomo (estaño blando) para fontanería y automóviles, bronce ferroso, latón ligero, latón industrial, latón de alta resistencia, bronce de manganeso, aleaciones troquelables, metales de cojinetes,

La aleación con plomo es usada para fabricar la lámina de los tubos de los órganos musicales.

Como revestimiento protector del cobre, del hierro y de diversos metales usados en la fabricación de latas de conserva.

Los productos químicos de estaño, tanto orgánicos, se utilizan en las industrias de cerámicos (como importante agente pulidor del mármol y de piedras decorativas) de plásticos y en la agricultura, como ingrediente de algunos insecticidas. Se usa, además, para estabilizar perfumes y colores en jabones finalmente, entre otros usos, el sulfuro de estaño se emplea en formas de polvo para broncear artículos de madera.



2.2.4 Propiedades físicas y químicas

Casiterita

Información general

- Nombre, símbolo, número : Estaño, Sn, 50
- Serie química : Estaño, Sn, 50
- Grupo, período, bloque : 14, 5, p
- Densidad : 7310kg/m³
- Apariencia : Gris Plateado brillante metálico

Propiedades atómicas

- Radio medio : 145 pm
- Radio atómico(calc) : 145 pm (Radio de Bohr)
- Radio covalente : 180 pm
- Radio de van der Waals : 217 pm
- Configuración electrónica : [Kr]4d¹⁰ 5s²
- Electrones por nivel de energía : 4,2
- Estado(s) de oxidación : 2
- Estructura cristalina : Tetragonal

Propiedades: físicas

- Estado ordinario : Sólido



- Punto de fusión : 505,08 K
- Punto de ebullición : 2875 K
- Entalpía de vaporización : 295,8 kJ/mol
- Entalpía de fusión : 7,029 kJ/mol
- Presión de vapor : 5,78 x 10 Pa a 505 K

2.3 CONCENTRACIÓN DE MINERALES

La concentración de mineral es una operación de separación del mineral de interés, de los otros componentes del material original ganga mediante la cual se obtiene un producto enriquecido y un rechazo pobre en el material valioso es la cual se eleva el tenor o concentración (en porcentaje) de una mena o mineral determinado, mediante el uso de equipos de separación sólido produciéndose a sí la segregación de dos o más especies mineralógicas y generar una corriente enriquecida en un mineral de interés.

Tabla 1. Métodos de concentración de minerales

NOMBRE DEL MÉTODO	PROPIEDADES QUE EMPLEA PARA SEPARAR	PRINCIPALES APARATOS
Concentración gravitacional	Diferencia de velocidad de sedimentación de minerales.	Sedimentador, hidrociclón, jig, canalón canaletas, mesa vibratoria, espiral, conos de separación centrifugas, entre otras.
Concentración magnética	Susceptibilidad magnética (atracción o no frente a una magneto u imán)	Separador magnético de tambor rodillos magnéticos separador magnético tipo carrusel.
Concentración eléctrica	Conductividad eléctrica	Separador eléctrico de alta intensidad.
Flotación espumante	Hidrofobicidad y/o hidrofiliidad del mineral (majamiento o no).	Celdas de flotación y columnas de flotación.
Floculación selectiva.	Adsorción específica de un polímero y formación de flóculo.	Sedimentador
Coagulación selectiva	Adsorción específica de iones inorgánicos y formación de un coágulo.	Sedimentador

Fuente: Burt (1984).

2.3.1 Etapa de concentración

La etapa de barrido “**Scavenger**” tiene por objetivo eliminar al máximo la ganga liberada, es por ello que ello produce las colas más pobres del sistema.

La etapa de desbaste (“**Rougher**”), Tiene por objetivo eliminar partículas mixtas al máximo y obtener un concentrado lo más enriquecido posible.

Las variables más importantes en las dos etapas anteriores son la recuperación y el rendimiento por lo que suelen denominarse circuitos o etapas de recuperación.

La etapa limpieza es opcional; dependiendo de circunstancias especiales. Su utilización, se da cuando se desea aumentar el tenor de tal manera que es necesario eliminar el máximo de ganga y tener un concentrado de alta pureza. Es factible que haya pérdidas de mineral útil por lo que la recuperación en estos circuitos es relativamente baja, pero la razón de enriquecimiento debe ser muy alta.

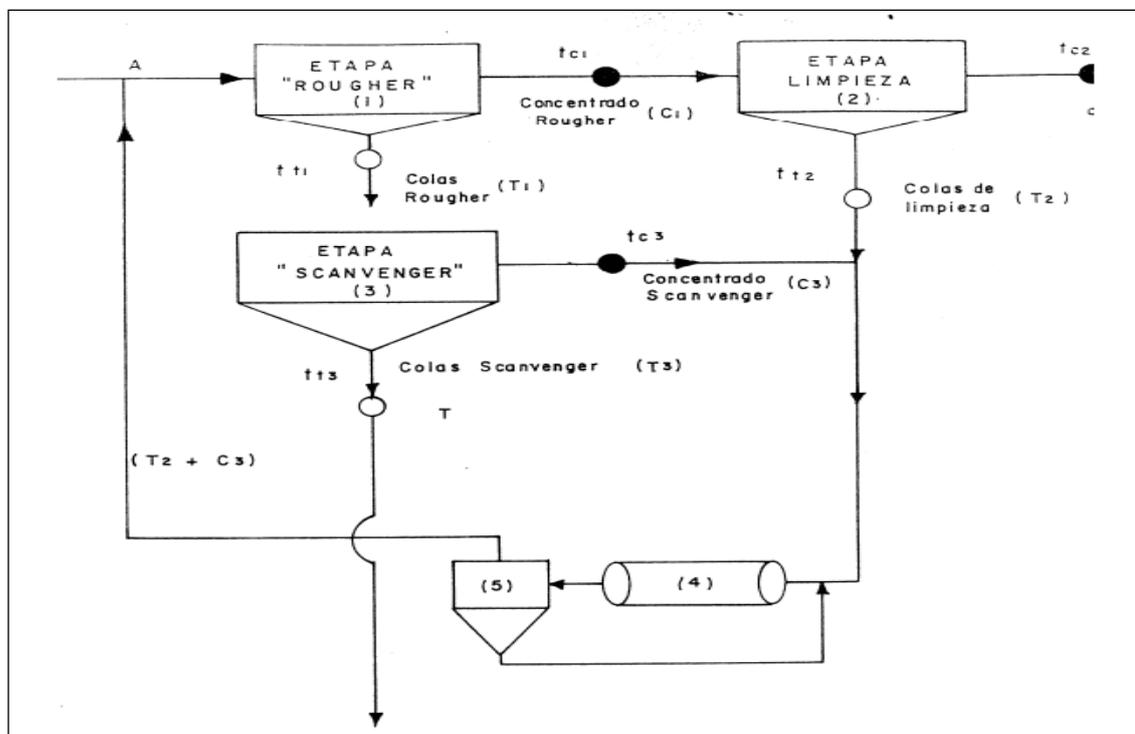


Figura 2. Etapas de concentración

Fuente: Laboratorio Metalúrgico – Minsur.



2.4 CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA

La concentración gravitacional y/o gravimétrica es un proceso de recuperación de partículas valiosas como la separación de dos o más especies de diferente peso específico entre el mineral valioso y los minerales ganga es utilizada para alcanzar su separación. Esta separación se lleva a cabo en los diversos movimientos de las partículas de los minerales pesados (diferente densidad), causada por el movimiento relativo bien sea en un medio acuoso o en aire debido a la respuesta de los sólidos a las fuerzas: gravitacionales de arrastre y empuje. Es la más adecuada para la minería, porque: No usa reactivos de ningún tipo, solo usa agua y esta agua del proceso puede reciclarse después de su clarificación; generalmente de fácil manejo pues se necesita una persona para su control; Tiene bajos costos de operación; sirve para una gran variedad de minerales (oro, volframita, Tantalita, casiterita, sulfuros, etc.), Una característica de todos los métodos de concentración gravimétrica es que las partículas tienen que ser separadas por la dinámica del flujo, para lograr la formación de capas o cejas de minerales livianos y pesados debido a que se tiene una variedad de equipos de todo tamaño y capacidad, es uno de los procesos de recuperación que ha sido y sigue siendo el método de procesamiento más importante y más antiguo de la historia.

2.4.1 Requerimientos para una eficiente concentración gravimétrica

Para una buena separación se debe tener en cuenta:

- Una buena **liberación de partículas**. Las partículas mixtas no tendrían una separación clara entre ellas.
- La **distribución de tamaños en alimentación**. Una partícula por pesada que sea si se tiene un diámetro muy pequeño se comportaría hidráulicamente como una liviana y por lo tanto no habría una buena

separación. Es recomendable cuando se pueda, no alimentar a los aparatos de concentración distribuciones granulométricas muy amplias, o sea, donde haya desde partículas muy finas a partículas muy gruesas

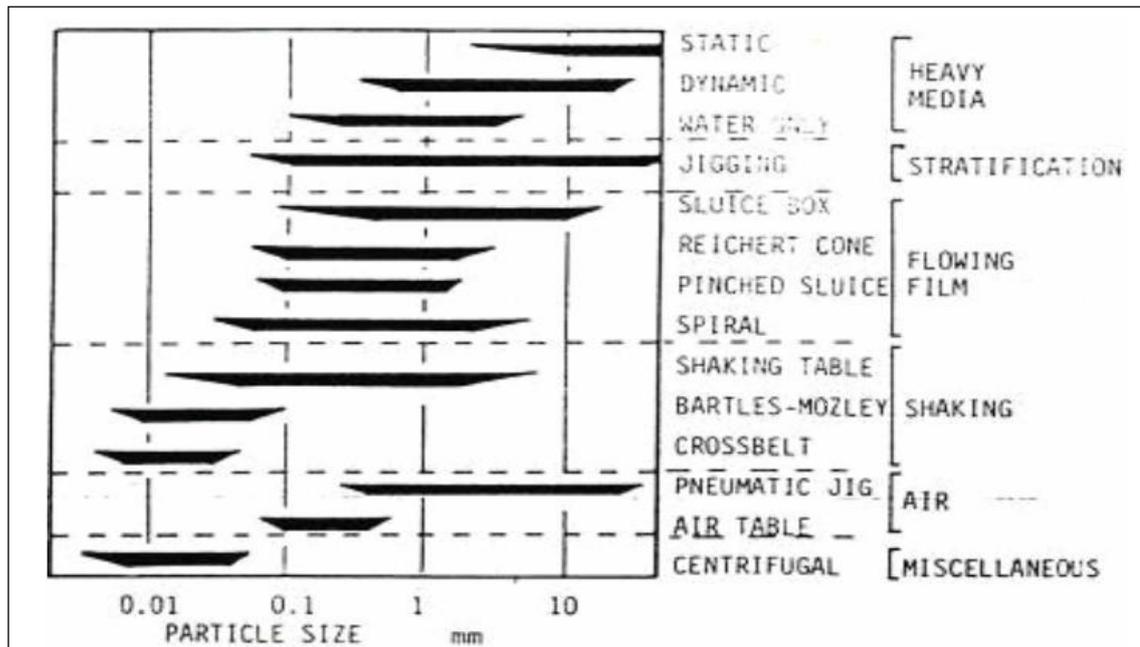


Figura 3. Efecto del tamaño de partículas

Fuente: Editorial Síntesis, S.A.

Esto se debe a que la velocidad de sedimentación depende tanto de la densidad como del tamaño de las partículas y cuando el diámetro es pequeño, la velocidad de sedimentación es muy baja.

- **La forma de las partículas.** Esto es, partículas de forma laminar u hojizas se comportan hidrodinámica diferente a partículas de forma esférica, aunque sean de igual densidad.
- **Las diferencias de densidad de los sólidos a separar.** Para utilizar un método de concentración gravitacional debe existir una diferencia de densidad de los sólidos, pues si ellos tienen densidades muy semejantes la respuesta de los sólidos

frente a las fuerzas en el fluido será similar, lo que implica una gran dificultad en la separación por esto se define el criterio de concentración (C-C); así:

$$C - C = \frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_1 - \rho_f}$$

Donde:

- ρ_p = Densidad de las partículas pesadas.
- ρ_1 = Densidad de las partículas livianas.
- ρ_f = Densidad del fluido.

2.5 DISPONIBILIDAD DE AGUA

Como generalmente la concentración gravitación se efectúa en medios acuosos, siendo el agua el fluido principal es importante disponer de una suficiente cantidad de agua en el sitio donde sea factible instalar una planta de concentración gravitacional.

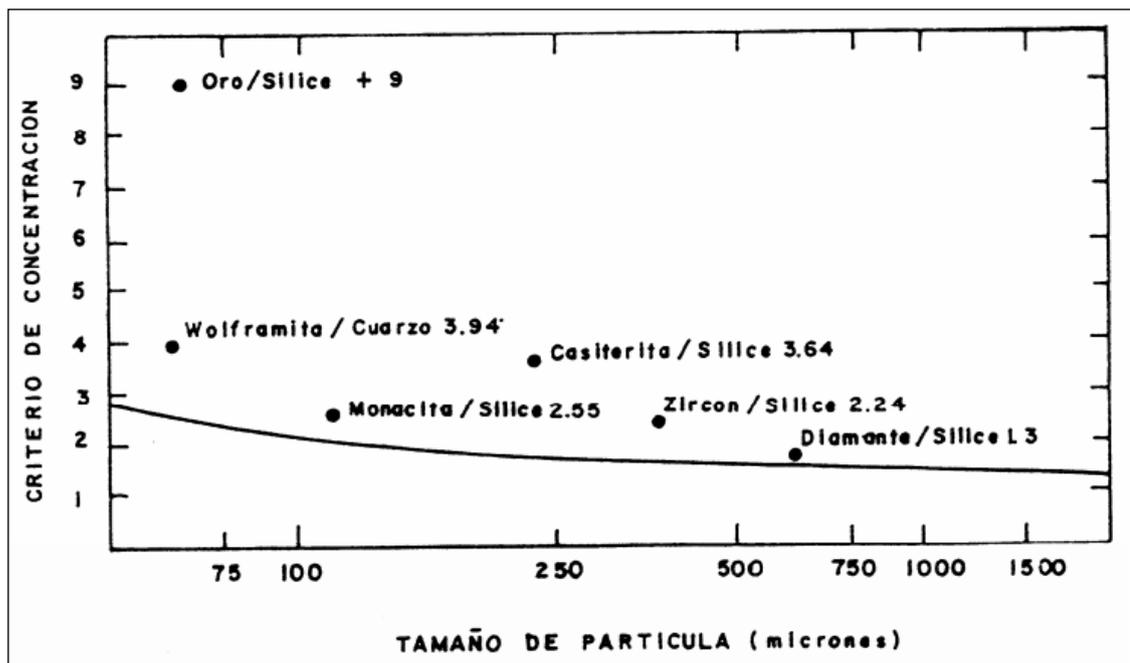


Figura 4. Criterio de concentración

Fuente: Burt (1984).



2.6 TIPOS FUNDAMENTALES DE CONCENTRACIÓN

Gravitacional:

- a) Métodos que **dependen de la diferencia de empuje de dos partículas** en medio de fluido de densidad intermedia.
- b) Métodos que **dependen de la inercia generada** tanto por densidad como por tamaño.
 - Tamaño
 - Densidad
 - Viscosidad
 - Forma de partícula

2.6.1 Separadores centrífugos en medio densos

En el caso de tamaños de partícula más finos que los tratados en los separadores de gravedad en medio denso, debe aplicarse una mayor aceleración para producir suficiente fuerza y así lograr la separación. En consecuencia, los separadores centrífugos se emplean en donde puede obtenerse una aceleración hasta de alrededor de 20 veces la de la gravedad.

Los hidrociclones, como los que se usan para la clasificación, se aplican como separadores centrífugos en medios densos. Se han introducido modificaciones de diseño cuando se aplican los hidrociclones para separación en medio denso, particularmente en la admisión, pero trabajan de la misma manera que en la clasificación. Se usan desde la década de 1950.



2.6.2 Concentradores centrífugos

El uso de la fuerza centrífuga para mejorar la eficiencia de la concentración gravitacional de finos sería, de modo análogo, teóricamente posible, y fue motivada por la pérdida elevada de valores minerales asociados a las fracciones finas. La operación de los concentradores centrífugos se basa en el principio de aumentar el efecto gravitacional con el propósito de conseguir una mayor eficiencia en la recuperación de las partículas finas, los separadores centrífugos fueron desarrollados en la Unión Soviética en los años 50 y también fueron empleados en la China por veinte años para el tratamiento de relaves de menas de estaño y tungsteno. Solo después se prestó mayor atención al potencial de estos equipos en el Occidente, fueron empleados inicialmente con menas aluvionales, posteriormente tuvieron su aplicación extendida a menas primarias.

2.6.3 La versatilidad de los concentradores centrífugos incluye

- a) Modelos de capacidad variable.
- b) Porcentaje de sólidos en peso de la alimentación que varía de 20% a 40%.
- c) Mayor posibilidad de recuperación de finos, si se comparan con equipamientos convencionales de concentración gravitacional.

Tienen un costo relativamente bajo de operación y de mantención. Estas características asociadas al costo relativamente bajo de la operación y de la mantención, pueden explicar la larga diseminación de ese tipo de concentradores en la industria minera a nivel mundial merecen destaque los concentradores centrífugos.

- Knelson,
- Falcon.



- Jig centrífugo
- Kelsey.
- Concentrador Multi-Gravity Separator.

2.6.4 Uso de concentradores centrífugos

- Cuando los muestreos de un depósito aluvial indican presencia de oro libre.
- Cuando las pruebas metalúrgicas han confirmado la presencia de oro libre en circuitos de roca dura.
- Cuando se ha detectado la presencia de oro, plata, estaño y platino en las colas de los procesos de molienda.
- Cuando se ha detectado una alta cantidad de oro plata, estaño y platino en la carga circulante.

2.6.5 Donde se usa un concentrador centrífugo

- En un placer con oro aluvial.
- En el circuito primario de molienda de roca dura.
- En la recuperación de subproducto en circuitos de molienda de minerales metálicos.
- En la recuperación de concentrados de flotación.
- En la recuperación de retratamiento de colas.
- En la recuperación de oro para elevar la ley del concentrado.
- 7. En la recuperación secundaria de metales de alta gravedad específica.



2.7 CONCENTRADOR CENTRÍFUGO KNELSON

En la década del 80 aparecieron una serie de equipamientos para el beneficio de minerales que utilizan la fuerza centrífuga para efectuar la separación de los minerales valiosos. El más conocido de ellos fue el concentrador Knelson, que en poco tiempo obtuvo gran aceptación en la industria minera en el año 1998 había más de 2500 concentradores Knelson operando en recuperación de oro en el mundo.

2.7.1 Concentradores Knelson: características generales

Los concentradores Knelson se fabrican desde tamaños de laboratorio hasta unidades de alta producción, el concentrador recupera partículas de tamaños que van desde ¼” hasta aproximadamente 1 micrón. En estos concentradores el problema de compactación del mineral que pudiese originar la fuerza centrífuga, fue solucionado introduciendo agua a presión en el sistema, contrabalanceando la fuerza centrífuga en el cono de concentración durante la operación de estos concentradores todas las partículas están sujetas a una fuerza equivalente a 60 g, que es lo que permite que el concentrador pueda recuperar partículas finas.

2.7.2 Concentrador centrífugo Knelson: descripción del proceso

El concentrador centrífugo Knelson consiste de un cono perforado con anillos internos y que gira a alta velocidad. La alimentación, que en general debe ser inferior a 1/4”, es introducida como pulpa (20-40% sólidos en peso) por un conducto localizado en la parte central de la base del cono. Las partículas, al alcanzar la base del cono, son impulsadas para las paredes laterales por la acción de la fuerza centrífuga generada por la rotación del cono. Se forma un lecho de volumen constante en los anillos, los cuales retienen las partículas más pesadas, mientras que, las más livianas son expulsadas del

lecho y arrastradas por arriba de los anillos para el área de descarga de relaves en la parte superior del cono.

Hay una variación del campo centrífugo con la altura del cono. Así, en los anillos inferiores, hay una tendencia a recuperar las partículas mayores del mineral de mayor densidad, en cuanto a los anillos superiores, donde el radio del cono es mayor (es decir, mayor fuerza centrífuga), allí los minerales más finos aún pueden ser recuperados, la compactación del material del lecho se evita por la inyección de agua a través de los hoyos en los anillos. El agua es alimentada a partir de una camisa de agua fija externa al cono. Esta agua fluidiza el lecho de concentrado permitiendo que las partículas más densas, inclusive finas, penetren en el lecho bajo la acción de la fuerza centrífuga, varias veces superior a la fuerza de gravedad, al final de un periodo de operación (en torno de 8-10 horas) el concentrado que queda en los anillos es colectado y se retira por el fondo del cono.

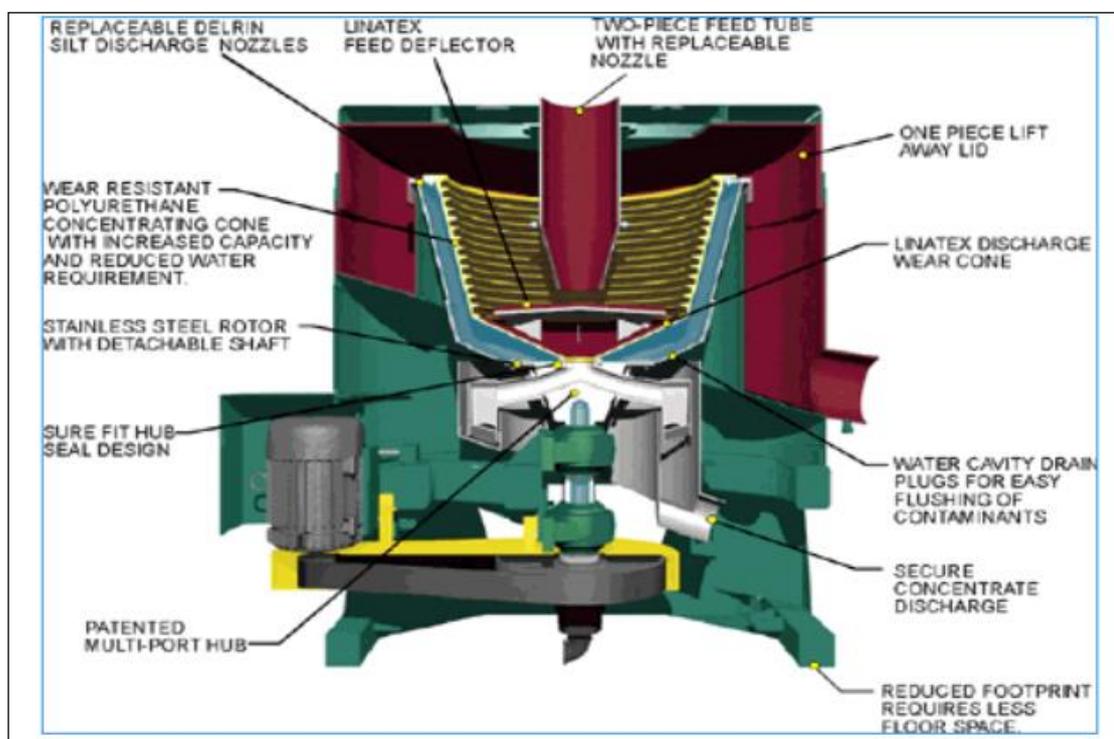


Figura 5. Concentrador centrífugo Knelson

Fuente: slideshare.net concentración. Centrífugos.



2.8 CONCENTRADOR CENTRÍFUGO FALCON

El concentrador Falcon, al igual que el Knelson, es de origen canadiense. Este equipo presenta diferencias en relación al Knelson, principalmente en lo que se refiere a la velocidad de rotación. En el concentrador Falcon, el campo centrífugo es cerca de 5 veces mayor que el del concentrador Knelson. El concentrador Falcon consiste de un bolo cilíndrico -cónico que gira a alta velocidad en el interior de una camisa fija cuya función es coleccionar el relave. La pulpa se alimenta en el fondo del cono, es acelerada y se va estratificando a medida que asciende en el rotor. Dependiendo del tipo de modelos de serie del concentrador que se trate (Serie SB o Serie C), las partículas serán sometidas a 200 g o 300 g, y el proceso de concentración en el bolo se realizará de acuerdo a un procedimiento diferente, en forma discontinua o continua. El concentrador se utiliza en la separación de un gran número de materiales: minerales de hierro, sulfuros, carbón, tantalio, metales nativos como oro, plata, níquel, cobre, zinc, estaño, etc.

La fuerza centrífuga ha sido utilizada desde hace muchos años para aumentar la velocidad de sedimentación de partículas en los procesos de clasificación (centrífuga de sedimentación e hidrociclón) y filtrada (centrífuga de filtración), así como también para mejorar la eficiencia de los procesos de concentración gravitacional de finos.

La operación de los concentradores centrífugos se basa en el principio de aumentar el efecto gravitacional de las partículas con el propósito de conseguir una mayor eficiencia en la recuperación de las partículas finas. La versatilidad de los concentradores centrífugos incluye:

- Modelos de capacidad variable.
- Porcentaje de sólidos en peso de la alimentación que varía de 20% a 40%.



- Mayor posibilidad de recuperación de finos, si se comparan con equipamientos convencionales de concentración gravitacional.
- Tienen un costo relativamente bajo de operación y de mantención.

Todas estas características asociadas a costos relativamente bajos de la operación y mantención, han generado un uso extensivo de concentradores centrífugos en la industria minera a nivel mundial.

2.8.1 Rendimiento metalúrgico

Varios investigadores independientes han verificado la que el rendimiento metalúrgico está conectado a la fuerza centrífuga aplicada. Este es un hecho establecido en los círculos de investigación creíble. Donde la mineral es fina, menor de 40 micrones, la experiencia y la investigación han demostrados que es necesario aplicar una fuerza centrífuga mayor que cuando tiene mineral más grueso, más grueso de 100 micrones, por ejemplo.

Algunas aplicaciones requieren tan poco como 60G's. En el año 1989 Se hizo cambios para que el operador puede manipular las fuerzas centrífugas con un teclado sencillo en lugar de un cambio mecánica gigante y cara.

2.8.2 Rendimiento mecánica

Máquinas de concentración por gravedad que necesitan arrancar sin ayuda pueden someter a sus componentes de transmisión de sobrecargas extremas en cada ciclo de arranque, a veces 5 o 6 veces la corriente nominal del motor. Esto puede causar un fallo prematuro de no sólo del motor, sino también las correas y rodamientos. Un variador está diseñado para controlar las cargas aplicadas a los componentes de la unidad, por lo tanto, prolongando la vida útil del equipo. Además, los equipos sin variador necesitan más



tiempo para parar. En las aplicaciones donde la maquina necesita arrancar y parar, como parte de una rutina de operación o mantenimiento, parando con inercia aumenta el tiempo de inactividad considerable. Con la integración de un freno dinámico con un variador, el tiempo de inactividad esta reducido a un mínimo sin hacer daño al equipo. Claramente, el variador es una estrategia de control superior.

2.8.3 Vibración

El diseñador tiene la opción de utilizar un gran masa giratorio y en equilibrio en un maquina concentrador por gravedad si un variador y un freno dinámico están utilizadas. Es bien sabido que el uso de una masa giratoria grande y en equilibrio puede amortiguar las vibraciones causada por desequilibrio. Si no está disponible un variador el diseñador debe mantener la inercia de la masa giratoria tan bajo para dejar un arranque sin ayuda. Este enfoque da como resultado vibraciones, incluso con una maquina con mínimas desequilibrios. Con esto el diseñador debe acomodar las vibraciones con amortiguadores. Estos amortiguadores, a su vez no pueden soportar las altas fuerzas centrífugas del equipo. El uso de un variador es, pues, fundamental para el éxito del Concentrador Falcon.

2.8.4 Consumo de agua

Las máquinas más básicas ‘SB’ por la recuperación de metal nativo (Au, Ag, Pt), tienen que ser periódicamente arrancada y parada para recuperar el concentrado. El uso de un variador minimiza el uso de agua de lavado por el tiempo mínimo, como 30 segundos.



2.8.5 Costo

Cuando los variadores fueron introducidos por primera vez, eran muy caros, faltosos, y con capacidades limitadas al igual que las computadoras de la década de 1950. Ahora, al igual que las computadoras modernas, los costos han bajado y su fiabilidad ha mejorado. La capacidad de incluso los más básicos variadores no estaba disponible a cualquier precio, hace diez años.

2.8.6 Modelos de concentradores centrífugos por gravedad falcón

- Concentradores Continuo 'C' –
- Concentradores Semi Lote 'SB'–
- Concentradores Ultra fina 'UF'

Todos los modelos se basan en un tazón giratorio para generar

2.8.7 Usos en

- Falcon 'C': Au, Ag, Ta, Sn, carbón, hierro, arenas de titanio, y Cr.
- Falcon 'SB': Au, Ag, y PGM's
- Falcon 'UF': Ta, Sn, carbón, hierro, arenas titanio, y Cr.

2.8.8 Diferencia entre las máquinas falcon 'SB' y Falcon 'C'

Los Falcon 'SB' son concentradores tipo lote que usan agua de fluidización para obtener un concentrado de alta ley y un retiro de masa $< 1\%$. Los 'SB' son normalmente usadas para la recuperación de metales preciosos en forma libre.

Los Falcon 'C' no necesitan agua de fluidización y son normalmente usadas para concentración preliminar y como scavenger donde recuperaciones de masa altas son



necesarias. Máquinas ‘C’ pueden recoger 40% de la masa de alimentación como concentrado.

2.8.9 Concentrador centrífugo falcón: parámetros operacionales de diseño

En el concentrador Falcón los parámetros operacionales son el porcentaje de sólidos en la alimentación, granulometría de la mena y el tiempo de operación. La geometría del rotor es un factor crítico en el desempeño del equipamiento; dependiendo del tipo de mena (con mayor o menor densidad, por ejemplo), habría un rotor con geometría apropiada.

Tabla 2. Especificaciones de modelos Falcon C

Modelo C	Capacidad de tratamiento de sólidos (ton/h)	Motor (HP)
C 400	1 – 4,5	10
C 1000	5 – 27	20
C 2000	20 – 60	40
C 4000	45 – 100	100

Fuente: Slideshare.net concentración centrífugos.

Tabla 3. Especificaciones de modelos Falcon SB

Modelo			L40	SB400	SB750	SB1350B	SB2500	SB5200
Capacidad de Sólidos Recomendada	t/h		0.25	1.10	10 – 80	50 - 150	100 – 250	200 – 400
Capacidad de Pulpa Máxima	m ³ /hr		2.3	20	100	200	300	450
Superficie de Concentración	m ²		0.03	0.17	0.46	1.08	2.14	3.37
Gama de Fuerzas de Gravedad	Mayor		200	200	200	200	200	200
	Menor		50	50	50	50	50	50
Peso	Kg		35	265	1250	2900	4560	7720
Potencia del Motor	kW (HP)		0.4 (0.5)	2.2 (3.0)	7.5 (10)	18 (25)	45 (60)	75 (100)
Consumo de Agua de Proceso	m ³ /hr		0.24 1.2	1.8 2.7	8 - 12	12 – 20	15 – 28	25 – 35
Presión de Agua	Bar		2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3
Tamaño Máximo de Partículas	Mm		1	2	2	2	2	2
Porcentaje Máxima de Sólidos en Alimentación	Mm		1.5	2.5	4	4	4	4
Volumen de Pulpa Concentrado	Litre		1	50	100	150	250	350
Dimensiones	Ancho	M	0.49	1.04	1.71	2.24	2.67	2.99
	Longitud	M	0.31	0.66	1.44	1.9	2	2.32
	Altura	M	0.51	1.02	1.5	2.07	2.27	2.73

Fuente: Slideshare.net concentración centrífugos.

2.8.10 Aplicaciones de los concentradores Falcón

- Aluvial.
- Molienda tradicional.
- Flotación de fierro.
- Limpieza de carbón.
- Tratamiento de relaves

- Recuperación de Sn y Ta. U/F ciclón.

Falcon serie Sb:

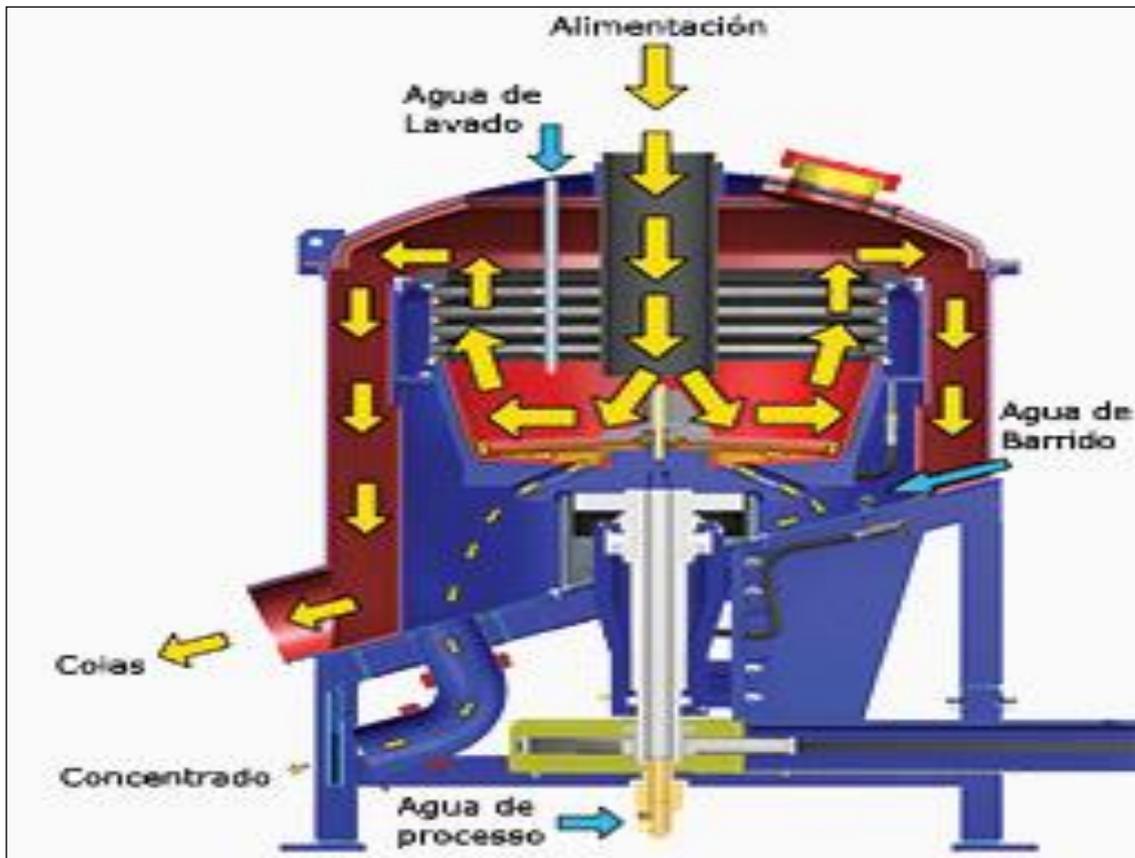


Figura 6. Concentrador Falcon

Fuente: slideshare.net concentración centrífugas.

Nota: La serie ‘SB’ tiene fuerzas de gravedad de 50-200G’s y varían por la densidad del material.

“Serie SB” Se caracteriza por lo siguiente:

- El Falcon SB es un concentrador discontinuo.
- Utiliza agua de fluidización.
- Con este equipo se obtienen concentrados de alta ley.
- Se logran recuperaciones en peso de concentrado de cerca del 1%.



- Permite la recuperación de partículas muy finas, en algunos casos menores a 5 micrones.
- Con este equipo se obtienen concentrados de alta ley.
- Permite la recuperación de partículas liberadas finas y ultra finas.

Los ‘SB’ de Falcon tienen la mejor relación entre superficie de concentración y huella de la industria. Son diseñadas para soportar fuerzas centrífugas hasta 200.

Tienen los requisitos de agua de fluidización mejores de la industria, necesitan atención mínima del operador, tienen costos de operación y mantenimiento bastantes bajos, tienen un diseño de dos etapas con rendimientos metalúrgicos y acceso para servicio superiores, tienen precios realísticos.

2.8.10.1 Operación

Estos equipos operan en discontinuo y ocupan una zona de retención de lavado en la parte superior del rotor, requiriendo de la adición de agua de proceso. Estas unidades pueden tratar partículas de hasta 6 mm, pero también son eficientes en la recuperación de tamaños finos. Las partículas que ingresan al equipo son sometidas a una fuerza de gravedad de hasta 200 g y son segregadas de acuerdo a su gravedad específica mientras se desplazan por la pared lisa del rotor. Las capas más pesadas pasan a la zona en que el concentrado queda retenido, que son las ranuras que presenta el equipo en la parte superior del rotor. La adición de agua a través de las ranuras presentes en la zona de concentrado permite que algunas partículas migren y sean retenidas solamente las más pesadas. Las partículas más livianas son eliminadas como relave por la parte superior del rotor. Cuando el concentrado ha llegado a alcanzar una ley adecuada.

2.8.11 Falcón serie “C”

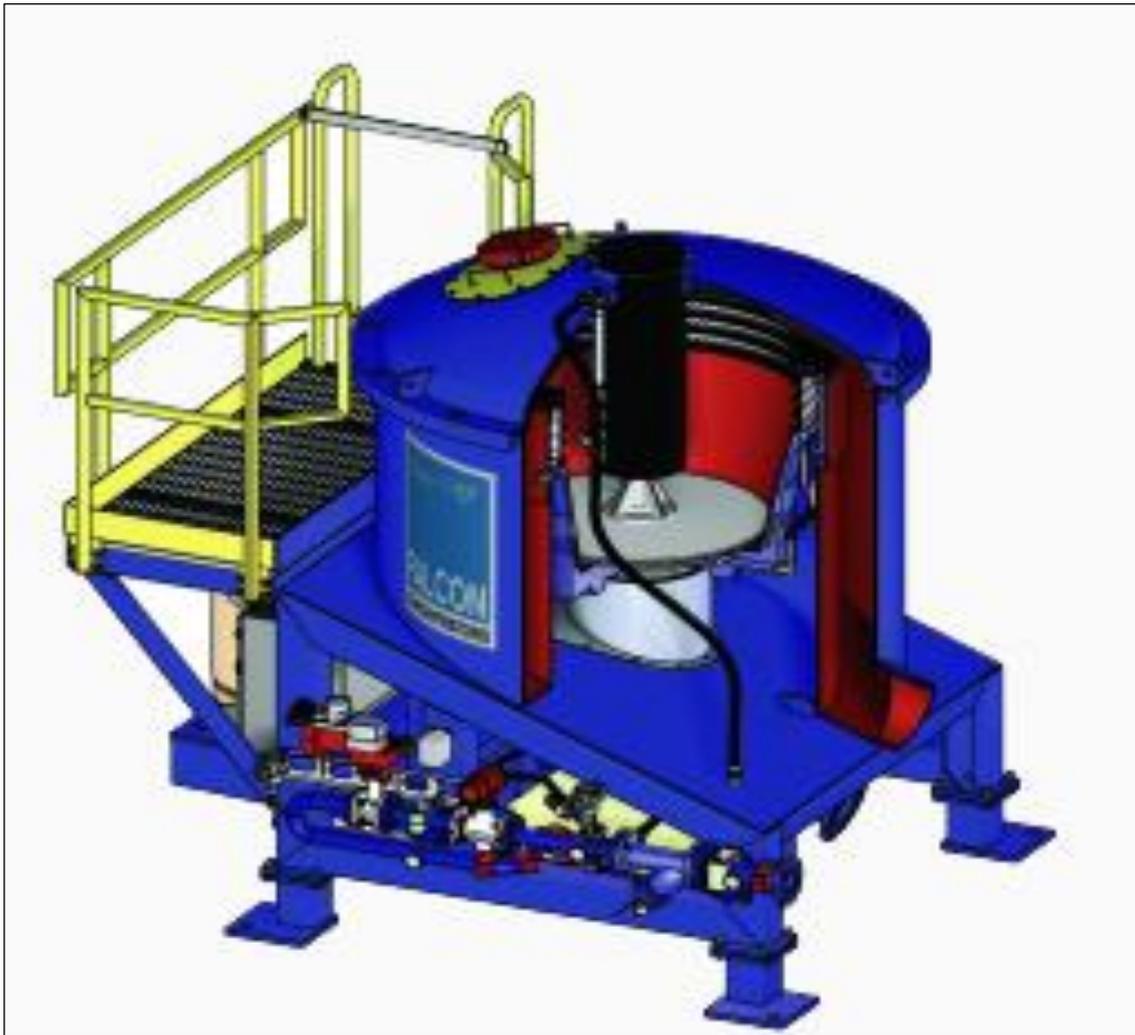


Figura 7. Falcon serie “C”

Fuente: Slideshare.net concentración centrífugas.

Concentrador Falcón “Serie C” Se caracteriza por lo siguiente:

- El Falcon C funciona en continuo.
- No utiliza agua de fluidización.
- Este equipo es utilizado cuando se requieren altas recuperaciones.
(Rougher, Scavenger)
- Se logran recuperaciones en peso de concentrado de cerca del 40%.



- Es utilizado para maximizar la recuperación y disminuir la masa entrante a los procesos siguientes.
- Son adecuadas para pre - concentrar o retratar flujos, ya que no se emplea agua adicional de proceso y los concentrados producidos son efectivamente deslamados y desaguados (en torno de 70 % de sólidos en peso).

2.8.11.1 Operación

Las partículas que ingresan al concentrador son sometidas a fuerzas de gravedad de 300g. Y son segregadas de acuerdo a su gravedad específica mientras se desplazan por la pared lisa del rotor. Las capas más pesadas son recuperadas en forma continúa controlando el flujo de descarga a través de toberas de abertura variable. El concentrador no necesita del uso de agua de proceso y, además, no requiere de interrupción del flujo de alimentación ya que trabaja en forma continua. El concentrado producido estará deslamado y parcialmente desaguado. El relave se elimina por la parte superior del rotor.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

La unidad minera San Rafael, se encuentra ubicado en:

Paraje : Quenamari

Distrito : Antauta

Provincia : Melgar

Departamento : Puno

La altitud de la mina varía entre los 4,500 y 5,200 m.s.n.m. siendo las coordenadas geográficas $70^{\circ} 19' 19''$ longitud oeste y $14^{\circ} 13' 45''$ Latitud sur y las coordenadas UTM 357,730 E y 8'426570 N. Esto lo podemos visualizar en el siguiente mapa.

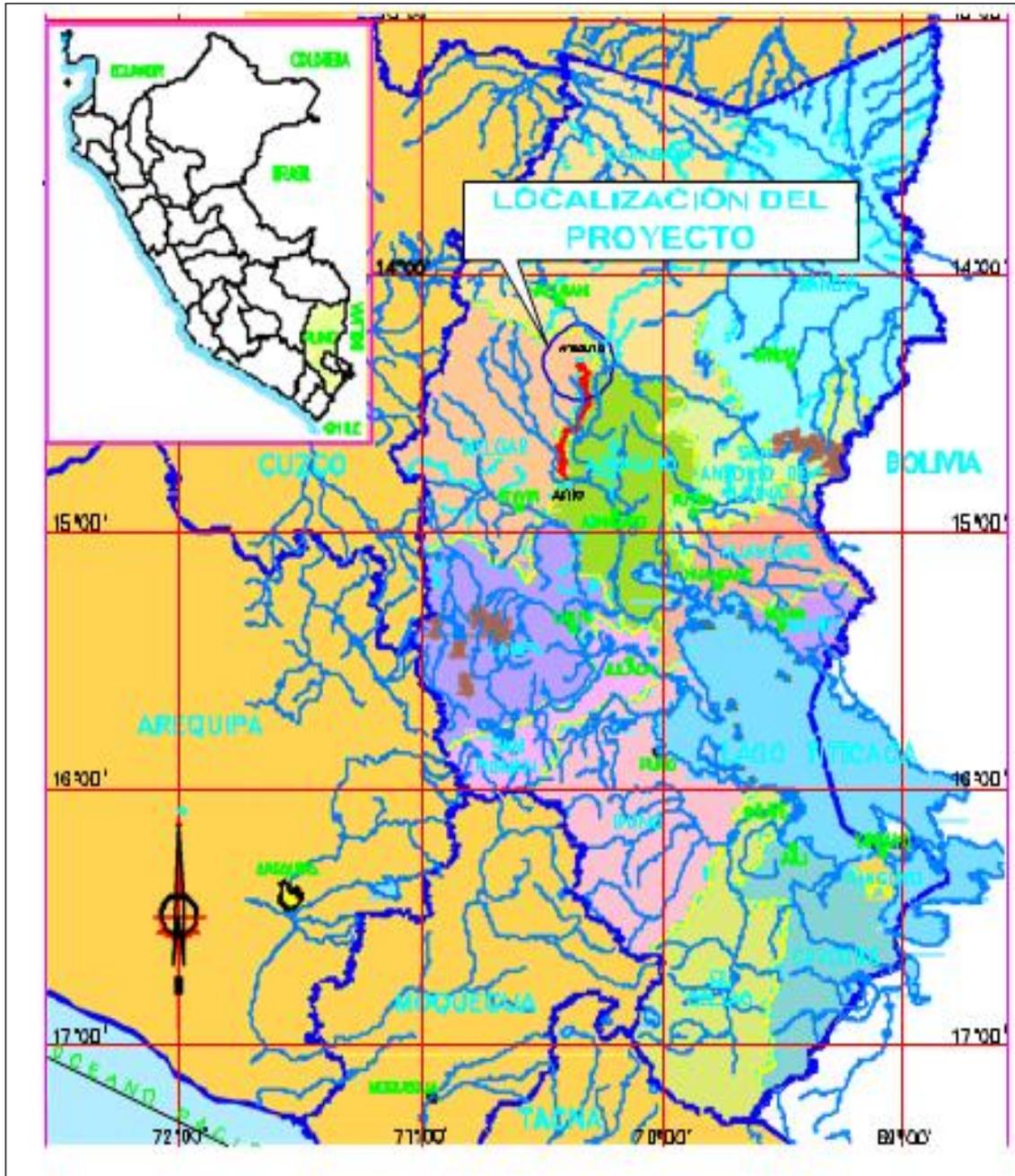


Figura 8. Ubicación de la mina San Rafael

Fuente: Wikipedia.org > wiki > mina_San_Rafael.

Accesibilidad: La accesibilidad a la mina san Rafael es de dos maneras vía terrestre y vía área des de la ciudad de lima

Vía área: para esta vía la empresa minera san Rafael cuenta con un campo de aterrizaje de avionetas debidamente acondicionado a una altitud de 4350 m.s.n.m. distante



a 25 minutos de vuelo desde la ciudad de Juliaca a san Rafael y si es directo desde lima – san Rafael son aproximadamente 2 horas.

Vía terrestre: desde la ciudad de lima a la ciudad de Antauta es un total de 1460 km y desde Antauta a san Rafael es de 5 km.

3.1.2 Clima y temperatura

En la mina san Rafael prevalece el clima frígido durante todo el año con una variación considerable de temperatura entre el día y la noche (24°C en el día y 15°C en la noche). El clima está dividido en dos estaciones marcadamente diferentes en todo el año. Una seca y frio entre abril y noviembre, en esta época se produce las más bajas temperaturas (heladas), la temperatura oscila por lo general entre los 10^o-15^o C, los meses de junio y julio y parte de agosto son los meses de heladas y durante los meses de agosto y setiembre, se manifiesta fuertes vientos, especialmente en las tardes va acompañado de granizadas. La otra estación es húmeda corresponde los meses de diciembre a marzo esta época se caracteriza por abundantes precipitaciones pluviales.

3.1.3 Flora y fauna

La vegetación de la zona es típica del altiplano, el medio físico, factores climáticos y suelo, en esta zona de la región existe una escasez de oxígeno, el descenso de la temperatura y la intensidad de la radiación solar, a diferencia de otras regiones desarrollándose así flores silvestres, variedad de pastos, ichu, chilliwa, tola y una variedad como el huraco y otras especies.

El cultivo es restringido y se efectúa en las laderas y valles produciendo normalmente la papa, cañihua y avena y otros productos.



En la zona existen animales en estado salvaje y domestico adaptándose a la zona perfectamente dentro del primero podemos mencionar a los siguientes: como mamíferos a la vicuña, huanaco, zorro, Zorrino, gato montés y la vizcacha entre las aves están la huallata, cóndor, alkamari, patos silvestres y dentro de los reptiles tenemos los lagartos dentro de los animales domésticos podemos citar a las alpacas, llamas, ovinos, vacunos y otros.

3.1.4 Geología

Localmente la mina san Rafael esta comprende principalmente rocas metamórficas, filitas pizarras y cuarcitas de la formación sandia las que han sido introducidas por dos stocks graníticos de edad tercera. Encontrándose en los alrededores hacia las norte rocas del paleozoico superior de la información Ananea y hacia el Noreste rocas del grupo ambo.

La cordillera oriental en el sur del Perú está limitada por el altiplano y la faja-sub-andina. La cual está caracterizada por la presencia de macizo y nevados, con cumbres que sobrepasan los 5.000 m. de altitud. Los cuales en su mayoría se encuentran cubiertos de nieve perpetua. Esta cadena también en conocida como la cordillera de Carabaya; un ramal de esta es la que contiene el cuerpo mineralógico de San Rafael el nevado Quenamari presenta dos picos nevados. El nevado Quenamari tiene forma semicircular con una topografía empinada en su parte superior y ondulada en la parte inferior y ondulada en la parte inferior en la parte alta hay lagunas escalonadas en los glaciares, la glaciación ha dejado morrenas en los flancos de estos valles los que a su vez han sido disertados por procesos fluvioglaciares.



3.1.5 Hidrogeología

El flujo subterráneo está fuertemente influenciado por la topografía con recargas y flujos verticales descendentes principalmente en las partes altas ascendentes ocurriendo en el fondo de las quebradas vilacota, Larancota, Chocñacota y chuquisani.

3.1.6 Procedencia del mineral

3.1.6.1 Proyecto recuperación de relaves bofedal II

De acuerdo a muestreos de campo, estudios y pruebas metalúrgicas realizados en 2010 se determinó la posibilidad de reprocesar los relaves contenidos en la presa denominada Bofedal II, que antiguamente se utilizó en la Unidad San Rafael. Se estima que la cantidad de relave en el Bofedal II disponible para ser reprocesado ascendería a 5.4 millones de metros cúbicos o un equivalente de 7.7 millones de toneladas. Conforme a ello, se viene trabajando en el desarrollo de una planta de procesamiento del relave con una capacidad aproximada de 4,000 toneladas por día. Durante 2012 se realizó el estudio de prefactibilidad, se evaluaron las opciones para las áreas de la presa de relaves y la nueva planta concentradora. Se iniciaron los estudios de Impacto Ambiental y los conducentes a la obtención de los certificados CIRA. Así mismo se iniciaron las pruebas para identificar y confirmar el diagrama de flujo de la planta de beneficio y las características del material a lo largo del circuito.

3.2 METODOLOGÍA

En este presente estudio la metodología que se realiza es por el método experimental, de la mina san Rafael, durante el mes de mayo, junio, julio, agosto y setiembre del año 2018, en donde se utilizó el material de relave de casiterita proveniente



del proyecto bofedal 2 la cual está ubicada en la mina san Rafael en el distrito de Antauta provincia de melgar departamento de Puno.

3.2.1 Nivel de investigación

El diseño de investigación que se utilizó fue la experimental mediante las pruebas cíclicas en el laboratorio utilizando el relave del Bofedal para recuperar estaño fino y así para poder determinar los resultados de cálculos matemático-estadístico y analítico.

3.2.2 Tipo de investigación

La investigación que se realizó es de tipo analítico y explicativo de la mina san Rafael, durante el mes de mayo, junio, julio, agosto y setiembre del año 2018, en donde se utilizó el material de relave de casiterita proveniente del proyecto bofedal 2 la cual está ubicada en la mina san Rafael en el distrito de Antauta provincia de melgar departamento de Puno.

3.2.3 Caracterización del mineral

La materia prima es una mena de estaño de tipo filoniano. El estaño se encuentra presente en la Casiterita, la cual es un bióxido de estaño (SnO_2), El contenido promedio de Estaño en la cabeza es de 0.848 %, contiene minerales oxidados de Estaño, principalmente casiterita (SnO_2), trazas de pirita (FeS_2), magnetita (Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3) y como ganga (cuarzo, feldespato, moscovita).

Tabla 4. Análisis químico del relave

ANÁLISIS QUÍMICO CUALITATIVO DEL RELAVE DE ESTAÑO		
ITEM	ELEMENTO	%
1	Sn	0.85%
2	Cu	0.25%
3	Fe	12.40%
4	Si o ₂	59%
5	S	1.47%
6	Al	13.50%
7	Mg	11.20%
8	Na	0.18%
9	Ca	0.20%
10	Mn	0.15%
11	B	0.12%
12	Otros (Ti, As, Pb, Ag, Bi y Sb)	0.63%

Fuente: Laboratorio químico.

De estos resultados se deduce, que los principales acompañantes del estaño en el relave son esencialmente silicatos (Si, - Al, Mg) y compuestos de Fe, tanto óxidos (limonita, hematita, o siderita), como sulfuros pirita (FeS₂), Calcopirita (CuFeS₂). La ganga en su mayor proporción está constituida por clorita Si₃O₁₀ (Mg, Fe)₅ (Al, Fe³⁺)₂ OH₂ y cuarzo Si O₂.

3.3 LIMPIEZA DE CONTAMINANTES

Uno de los principales de los contaminantes del óxido de casiterita son los sulfuros entre ellos tenemos el azufre y el fierro para ello se realiza la flotación inversa o también llamado flotación de sulfuros o limpieza de sulfuros. Primero limpiamos la pulpa,



flotando todos los sulfuros (Plomo, cobre, zinc, hierro, etc.), luego de ello pasamos a la etapa de flotación. Casiterita donde flotamos la casiterita.

Son compuestos De diversos minerales combinados con el azufre. En química, un sulfuro es la combinación del azufre común elemento químico o con un radical. Hay unos pocos compuestos covalentes con el azufre. Pertenecen a esta clase los minerales formados por la combinación del oxígeno con uno o varios metales, pudiendo ser anhídros o hidratados. Se trata de compuestos relativamente abundantes, de tal manera que sobre el peso total de la Litosfera (excluida la Atmósfera y la Hidrosfera), representan un 17% en peso. De todos ellos el más abundante es el cuarzo (SiO_2), seguido a gran distancia por los óxidos e hidróxidos de hierro.

3.3.1 Flotación de sulfuros gruesos (SR-001-06-AD17007-4000-10-36-0006)

Los equipos principales para esta etapa se presentan en la Tabla 3-9. Para más detalle ver Diagrama de Flujos (PFD) SR-001-06-AD17007-4000-10-36-0006.

Equipos Principales para Flotación Sulfuros Gruesos

Código de Equipo	Equipo Principal
- 01-4241- TN-001	1 tanque Acondicionador
- 01-4241-FC-001/004	4 celdas de Flotación de Sulfuros Gruesos

El producto del undersize de la zaranda vibratoria, será alimentado a un tanque acondicionador (01-4241- TN-001) para mezclarse con el isopropil xantato de sodio (Z-11) como colector de sulfuros y el metil isobutil carbinol (MIBC) como formador de espumas durante un tiempo de 3.5 min aproximadamente, considerando para esta operación un tanque acondicionador de 9 m³.



Teniendo en cuenta los requerimientos de la fundición en cuanto a la presencia de azufre, se ha considerado una etapa de flotación inversa de sulfuros, previo al ingreso de la carga a las mesas concentradoras.

Esta etapa de flotación se realizará en cuatro celdas (01-4241-FC-001/004) de 5.0 m³ de capacidad por celda. La configuración recomendada es de 2 + 2 con un tiempo total de retención de 10.4 min.

3.3.2 Flotación de sulfuros finos (SR-001-06-AD17007-4000-10-36-0006)

Principales para Flotación de Sulfuros Finos

Código de Equipo	Equipo Principal
- 01-4242- TN-001	1 tanque Acondicionador
- 01-4242-FC-001/0044	celdas de Flotación de Sulfuros Finos

La alimentación para esta etapa estará conformada por los flujos del underflow de los circuitos de clasificación 4 (01-4223-CI-001) Y circuito de clasificación 5 (01-4223-CI-002). Previo a su ingreso a las celdas de flotación de sulfuros, esta pulpa ingresará al tanque acondicionador 01-4242- TN-001 de 14 m³ para la adición del colector de sulfuros isopropil xantato de sodio (Z-11), metil Isobutil carbinol (MISC) La alimentación para esta etapa estará conformada por los flujos del underflow de los circuitos de clasificación 4 (01-4223-CI-001) Y circuito de clasificación 5 (01-4223-CI-002). Previo a su ingreso a las celdas de flotación de sulfuros, esta pulpa ingresara al tanque acondicionador 01-4242- TN-001 de 14 m³ para la adición del colector de sulfuros isopropil xantato de sodio (Z-11), metil Isobutil carbinol (MISC).



Equipo Principal	Código de Equipo
- 01-4243-TN-001	1 Tanque Acond. Alta intensidad - Etapa Rougher
- 01-4243-FC-001/003	3 celdas de Flotación Sn - Etapa Rougher
- 01-4243-FC-004/006	3 celdas de Flotación Sn - Etapa Scavenger
- 01-4243- TN-002	1 tanque con Agitación - Float Rougher Sn y No Float Cleaner 2
- 01-4243- TN-004	1 tanque con Agitación - Float Scavo Sn
- 01-4243-FC-007/010	4 celdas de Flotación Sn - Etapa Cleaner 1
- 01-4243- TN-003	1 tanque con Agitación - Float Cleaner 1
- 01-4243-FC-011/013	3 celdas de Flotación Sn - Etapa Cleaner 2
- 01-4243- TN-OOS	1 tanque con Agitación - Float Cleaner 2

3.4 FORMULACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El objetivo principal de las pruebas metalúrgicas de concentración gravimétrica realizadas son con el propósito de optimizar la granulometría y mejorar el tiempo de residencia en el concentrador falcon, para determinar un óptimo porcentaje de recuperación de estaño fino a partir de relaves, para ello se planteó un diseño factorial de experimentos de forma 2^2 simple el número de variables en la tabla (5) se representan las variables seleccionadas, junto con los niveles a los que se llevaron a cabo los experimentos. La variable respuesta es el tiempo de residencia óptima en el concentrador gravimétrico falcon, determinada mediante la realización de las pruebas.

Niveles de experimentación para las variables del diseño de experimentos

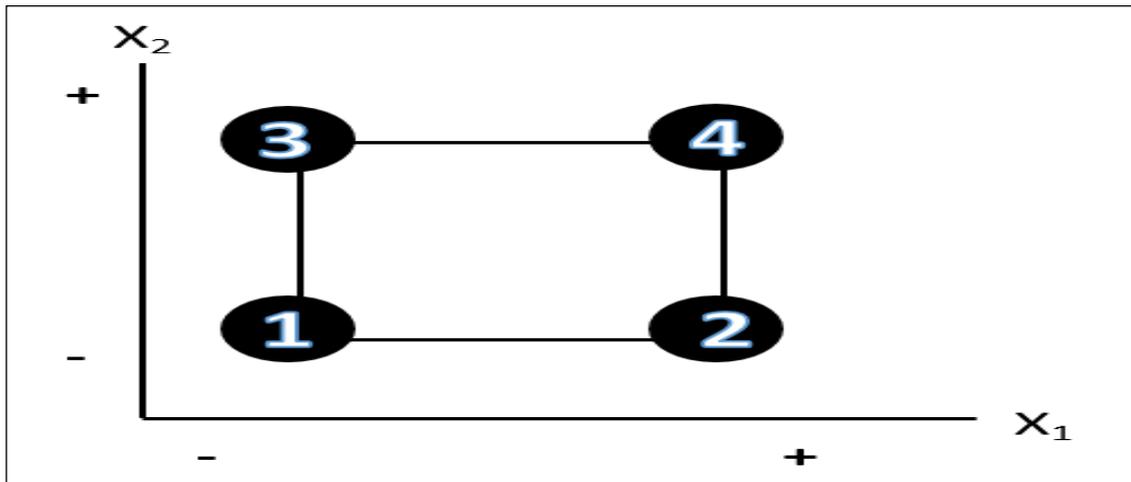


Figura 9. Diseño experimental

Fuente: Palacios Severo – Diseño experimental.

Tabla 5. Gráfico de puntos del diseño Factorial 2ⁿ

Punto	Combinación	
	X ₁	X ₂
1	-	-
2	+	-
3	-	+
4	+	+

Fuente: Palacios Severo – Diseño experimental.

Se quiere evaluar de una manera directa cuál de los factores tiene mayor significancia (influencia) en un proceso y si estos interactúan uno depende del otro entre sí.

Tabla 6. Parámetros del diseño experimental

VARIABLES	RANGO REAL MÍNIMO	MÁXIMO
GRANULOMETRÍA	15	22
TIEMPO	100	150



Las pruebas consisten en realizar el circuito de concentración gravimétrica en el equipo falcon.

3.5 ANALISIS GRANULOMETRICO DE ALIMENTO A LA FALCON UF 600

Determinar los criterios operacionales para la ejecución correcta de la preparación de muestra y el análisis granulométrico de las muestras tomadas en Planta piloto, cumpliendo los estándares de seguridad y medio ambiente.

3.5.1 Definiciones y abreviaturas

- IPERC: Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.
- RO-TAP: Equipo metalúrgico que permite la separación de granos mediante el paso de la muestra por una serie de mallas.
- EPP: Equipo de protección personal.
- MALLAS: Accesorios cilíndrico con un fondo tejido con hilo de acero con cierta abertura que se mide en micrones.
- CUARTEADOR: Herramienta que permite reducir el tamaño de muestra a un peso óptimo de trabajo.

3.5.2 Equipos de protección personal

- Casco
- Lentes de seguridad
- Respirador con filtro para polvo
- Barbiquejo



- Mameluco
- Zapatos y/o botas de seguridad
- Tapones de oído u orejeras
- Guantes de Badana, Nitrilo y jebe
- Mameluco descartable

3.5.3 Equipo / herramienta / materiales de trabajo

- Cuarteador
- Bandejas
- Ro Tap individual
- Ro Tap ATM
- Balanza
- Mallas número (1/2", 3/8", 1/4", 4, 6, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 270, 325 y 400)
- Espátula
- Brocha
- Cuaderno de registros
- Computadora



3.5.4 Descripción

3.5.4.1 Homogenizar la muestra

- Se iniciará la operación homogenizando la muestra:
- En caso de pulpas, en el balde realizando movimientos circulares.
- En caso que la muestra está seca, vaciar la muestra en una manta y rolear hasta que la muestra esa encuentre homogénea, luego añadirlo al vaso del cuarteador de rifles para su respectivo cuarteó.

3.6 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Donde se debe de realizar el análisis granulométrico por el método de malla valorada.

3.6.1 Muestreo

- Identificar los puntos a muestrear; se identificará los puntos de muestreo en el circuito a muestrear en caso que desconozca consultará al Operador del circuito para que le indique donde queda el punto de muestreo.
- Colocar baldes de 5, 10 o 20 litros en cada punto de muestreo
- Verificar que el punto a muestrear este óptimo, las actividades, antes de tomar la muestra deberá de verificar que el punto a muestrear este óptimo al 100%.
- Tomar la muestra con el cortador manual, las actividades, tomará la muestra con el cortador adecuado de acuerdo a la muestra a tomar ya sea de grano fino o grueso.



- Vaciar la muestra del cortador al depósito, las actividades, vaciará la muestra del cortador con mucho cuidado al depósito (balde) y verificará que no quede muestra en el cortador.
- Colocar la identificación de la muestra y asegurar con su respectiva tapa, colocará la identificación de la muestra debidamente detallada y asegurará con su respectiva tapa el depósito.
- La toma de muestras es manual y se realiza cada 2 horas en un lapso de 8 horas; las actividades, tomará la muestra manualmente y lo realizará cada 2 horas, por un lapso de 8 horas.
 - a) Primera muestra alimento. 500gramos.
 - b) Segunda muestra concentrado 100 gramos
 - c) Tercera muestra relave 100 gramos

3.6.2 Preparación de muestra

- **Herramientas:** Cuarteador de pulpa, Cuarteador de rifles, Bandejas medianas, Mallas número (1/2", 3/8", 1/4", 4, 6, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 270, 325 y 400), Espátula mediana, Brocha de 2". 7.3. Material de limpieza: Trapo, Escoba
- **Realizar el Check List del Ro – Tap ATM;** la actividad, deberá realizar el Check-List del Ro - Tap verificando su óptimo estado, para su operación continua, deberá llenar el registro, F-SR-LABM-08 Check List Rotap.
- **Homogenizar la muestra;** la actividad, iniciará la operación homogenizando la muestra.



- **Cuartear la muestra, hasta obtener un peso aproximado de 300 a 400 g;** la actividad asignada, cuarteará la muestra en su respectivo cuarteador dependiendo de la muestra, hasta obtener un peso aproximado de 300 a 400 g. que servirá para análisis granulométrico.
- **Deslamar la muestra en el Ro - Tap eléctrico individual;** Si la muestra contiene material fino < 37 micras, el Operador asignado a la actividad deslamará la muestra en el Ro-tap eléctrico individual sobre un balde (deslame) y deslamará alimentando agua suficiente para que pase la muestra, en ningún caso se debe inducir con la mano el paso de las partículas a través del tamiz. El tamiz a utilizar es de 37 micras malla # 400. Si la muestra es de tamaño de grano grueso el operador asignado a la actividad procederá con la misma labor de deslame de material fino. El tamiz a utilizar es de 75 micras malla # 200
- **Añadir floculante al balde que contiene la muestra pasante y vaciar a una bandeja;** a la actividad, añadirá floculante al balde que contiene la muestra pasante, para acelerar la sedimentación de las partículas en suspensión, botar toda el agua posible y proceder a vaciar la muestra en una bandeja.
- **Vaciar la muestra retenida en la malla en una bandeja,** la actividad, vaciará la muestra retenida en la malla en una bandeja, para luego hacer secar y tamizarlo en el Ro-Tap ATM.
- **Botar toda el agua posible de las bandejas,** en la actividad, botará toda el agua posible de las bandejas, teniendo cuidado de no botar los sólidos en suspensión.
- **Secado de Muestras,** en la actividad, hará secar las muestras de acuerdo al procedimiento de Secado de Muestras.



- **Cuartear la muestra, hasta obtener un peso aproximado de 300 a 400 g** en la actividad asignada, cuarteará la muestra en su respectivo cuarteador dependiendo de la muestra, hasta obtener un peso aproximado de 300 a 400 g. que servirá para análisis granulométrico.
- **Deslamar la muestra en el Ro - Tap eléctrico individual;** si la muestra contiene material fino < 37 micras, la actividad deslamará la muestra en el Ro-tap eléctrico individual sobre un balde (deslame) y deslamará alimentando agua suficiente para que pase la muestra, en ningún caso se debe inducir con la mano el paso de las partículas a través del tamiz. El tamiz a utilizar es de 37 micras malla # 400. Si la muestra es de tamaño de grano grueso el operador asignado a la actividad procederá a realizar el análisis granulométrico el tamiz a utilizar es de 75 micras malla # 200.
- **¿Es la muestra pasante?;** Añadir floculante al balde que contiene la muestra pasante y vaciar a una bandeja la actividad, añadirá floculante al balde que contiene la muestra pasante, para acelerar la sedimentación de las partículas en suspensión, botar toda el agua posible y proceder a vaciar la muestra en una bandeja.
- **Vaciar la muestra retenida en la malla en una bandeja** en la actividad, vaciará la muestra retenida en la malla en una bandeja, para luego hacer secar y tamizarlo en el Ro-Tap ATM. Botar toda el agua posible de las bandejas teniendo cuidado de no botar los sólidos en suspensión.
- **Secado de Muestras** en la actividad, se hará secar las muestras de acuerdo al procedimiento; PETS- Secado de Muestras.



3.6.3 Falcón Uf – 600

Dentro de los equipos adquiridos para optimizar la recuperación se encuentra el concentrador gravimétrico Falcon UF-600 que se alimenta del underflow del espesador que recibe las espumas de concentrado de la flotación cleaner de estaño.

- **CICLO:** Concentrado Rougher
- **CICLO:** Concentrado Cleaner
- **CICLO:** Concentrado Scavenger

En donde se pasa a detallar el procedimiento para realizar la operación del equipo

- Verificar que el equipo se encuentre limpio y en buenas condiciones para su operación
- Conectar el suministro de agua al concentrador.
- Conectar el cable de alimentación amarillo del variador de frecuencia (VFD) al motor y enchufar el cable de alimentación negro del equipo, en la fuente de alimentación (verificar el voltaje), Instalar el cono UF- 600 en el rotor, (según granulometría de la muestra) y asegurarlo con el impulsor.
- Colocar la tapa del embudo de alimentación y luego la criba.
- Encender la bomba del suministro de agua al equipo,
- Encender el equipo presionando el botón RUN/STOP,
- Regular la Aceleración “G” y presión de agua, según parámetros de prueba.



- Alimentar la pulpa verificando los parámetros
- Verificar la descarga de la pulpa al tanque 08 rougher, (TK-08),
- Verificar las mangueras de conexión al tanque 09 de cleaner, (TK – 09)
- Verificar las mangueras de conexión al tanque 10 de scavenger (TK – 10)
- Colectar los productos de la prueba, y realizar limpieza de los equipos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRUEBAS PRELIMINARES DE GRANULOMETRÍA

Al iniciar las pruebas se tiene los siguientes valores como es malla -400 a una abertura de 22 micrones. Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano.

4.1.1 Por método malla valorada

Prueba de análisis granulométrico 1 (PG1)

Para realizar la prueba de análisis granulométrico de la tabla N°6, se toma una muestra de 416.00 gramos del alimento del circuito ultrafinos del concentrador falcon, de la misma forma toma una muestra de 398.00 del concentrado y finalmente se toma una muestra de 425.1 del relave para así realizar el secado y pasar por la tamizadora desde una malla 50 hasta -4000 y lo más fino se realiza por el equipo de ciclocyzer.

Tabla 7. Prueba de Análisis granulométrico 1

ANÁLISIS GRANULOMETRICO CIRCUITO ULTRAFINO FALCON 600 PG1													
		ALIMENTO				CONCENTRADO				RELAVE			
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Peso				Distribución de Peso			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	Gr	% Peso	% Pass	D80	gr	% Peso	% Pass	D80
50	300		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
70	212		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
100	150		0.00	100.00	0.00	1.2	0.30	99.70	0.00		0.00	100.00	0.00
140	106		0.00	100.00	0.00	0.3	0.08	99.62	0.00		0.00	100.00	0.00
200	75	0.2	0.05	99.95	0.00	0.4	0.10	99.52	0.00	0.1	0.02	99.98	0.00
270	53	0.4	0.10	99.86		0.9	0.23	99.30		0.2	0.05	99.93	
325	44	2.4	0.58	99.28		6.1	1.53	97.76		0.5	0.12	99.81	
400	38	5.2	1.25	98.03		16.2	4.07	93.69	26.19	1.3	0.31	99.51	0.00
	22	45.8	11.01	87.02	18.89	77.2	19.40	74.30	0.00	34	8.00	91.51	16.46
	15	69	16.59	70.43		77.3	19.42	54.87	0.00	63.2	14.87	76.64	0.00
	11	89.3	21.47	48.97		82.7	20.78	34.10	0.00	93.5	21.99	54.65	0.00
	< 11	203.7	48.97	0.00		135.7	34.10	0.00	0.00	232.3	54.65	0.00	0.00
Total		416.0	100.00		18.89	398.0	100.00		26.19	425.1	100.00		16.46

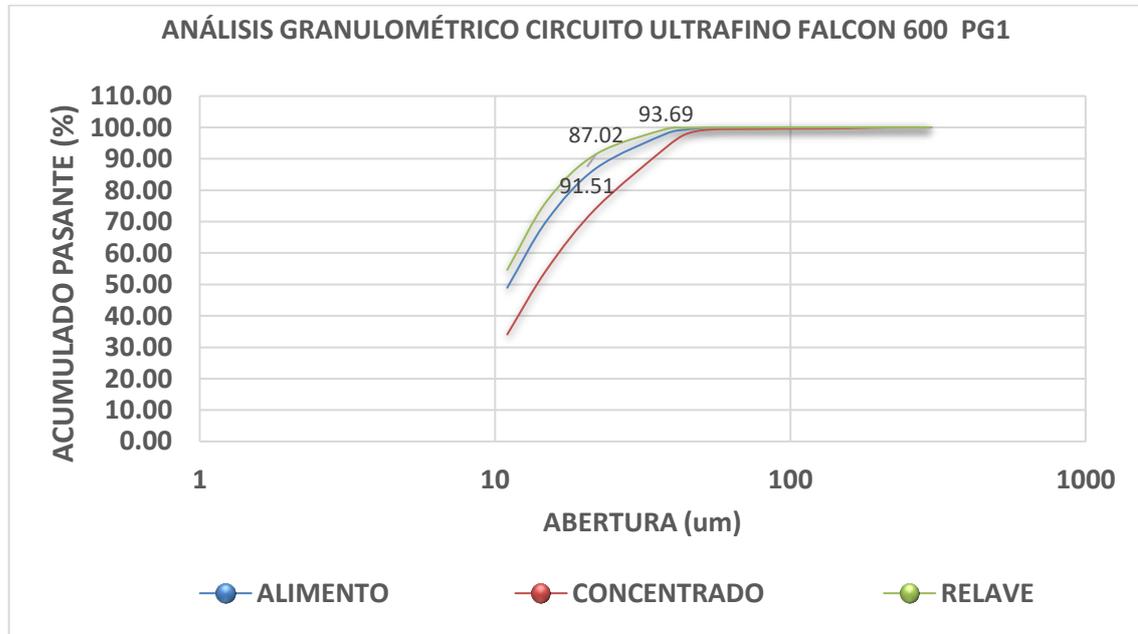


Figura 10. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG1

Se puede observar en la figura 11 del alimento su D80 está en 22 micras, del concentrado su D80 se encuentra en una granulometría de 38 micras, y su D80 del relave está en una granulometría de 22 micras.

Distribución de malla valorada alimento prueba 1 (DMVP-1):

En la siguiente prueba se toma una muestra del alimento al concertador ultrafino falcon 600 un peso de 416.00 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 8. Distribución de malla valorada alimento prueba 1

ALIMENTO DMVP1									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75	0.20	0.05	99.95	0.00		0.00	0.00	100.00
270	53	0.40	0.10	99.86	0.00		0.00	0.00	100.00
325	45	2.40	0.58	99.28	0.00	61.71	1.48	2.53	97.47
400	38	5.20	1.25	98.03	0.00	40.34	2.10	3.58	93.89
	22	45.80	11.01	87.02	18.89	29.47	13.50	23.05	70.84
	15	69.00	16.59	70.43	0.00	15.06	10.39	17.75	53.09
	11	89.30	21.47	48.97	0.00	11.73	10.47	17.89	35.20
	<11	203.70	48.97	0.00	0.00	10.12	20.61	35.20	0.00
Total		416.0	100.00		18.89		58.56	100.00	

Tabla 9. % de sn calculado y ensayado del alimento DMVP1

	% Sn	% S
Cabeza. Calculada	12.10	0.01
Cabeza. Ensayada	14.60	1.00

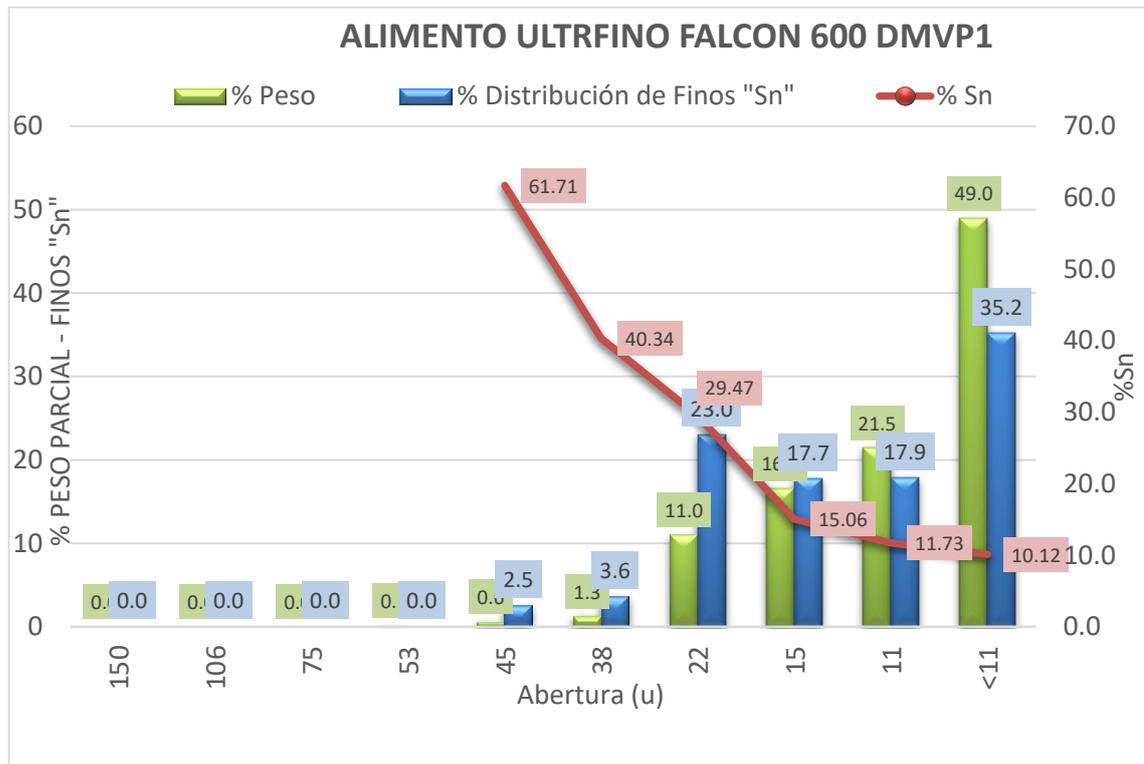


Figura 11. Distribución de malla valorada alimento prueba 1

En el alimento del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 25.0 % distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de -11 micras

Distribución de malla valorada concentrado prueba 1 (DMVP-1):

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 398.00 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 10. Distribución de malla valorada concentrado prueba 1

CONCENTRADO DMVP1									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
100	150	1.20	0.30	99.70	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106	0.30	0.08	99.62	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75	0.40	0.10	99.52	0.00	1.29	0.01	0.01	99.99
270	53	0.90	0.23	99.30		11.61	0.10	0.10	99.89
325	45	6.10	1.53	97.76		55.76	3.40	3.37	96.52
400	38	16.20	4.07	93.69	26.19	51.03	8.27	8.19	88.34
	22	77.20	19.40	74.30	0.00	41.96	32.39	32.08	56.25
	15	77.30	19.42	54.87		28.20	21.80	21.59	34.67
	11	82.70	20.78	34.10		20.24	16.74	16.58	18.09
	<11	135.70	34.10	0.00		13.46	18.27	18.09	0.00
Total		398.0	100.00		26.19		100.97	100.00	

Tabla 11. % de sn calculado y ensayado del concentrado DMVP1

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	83.81	0.04
Cabeza Ensayada	26.53	1.02

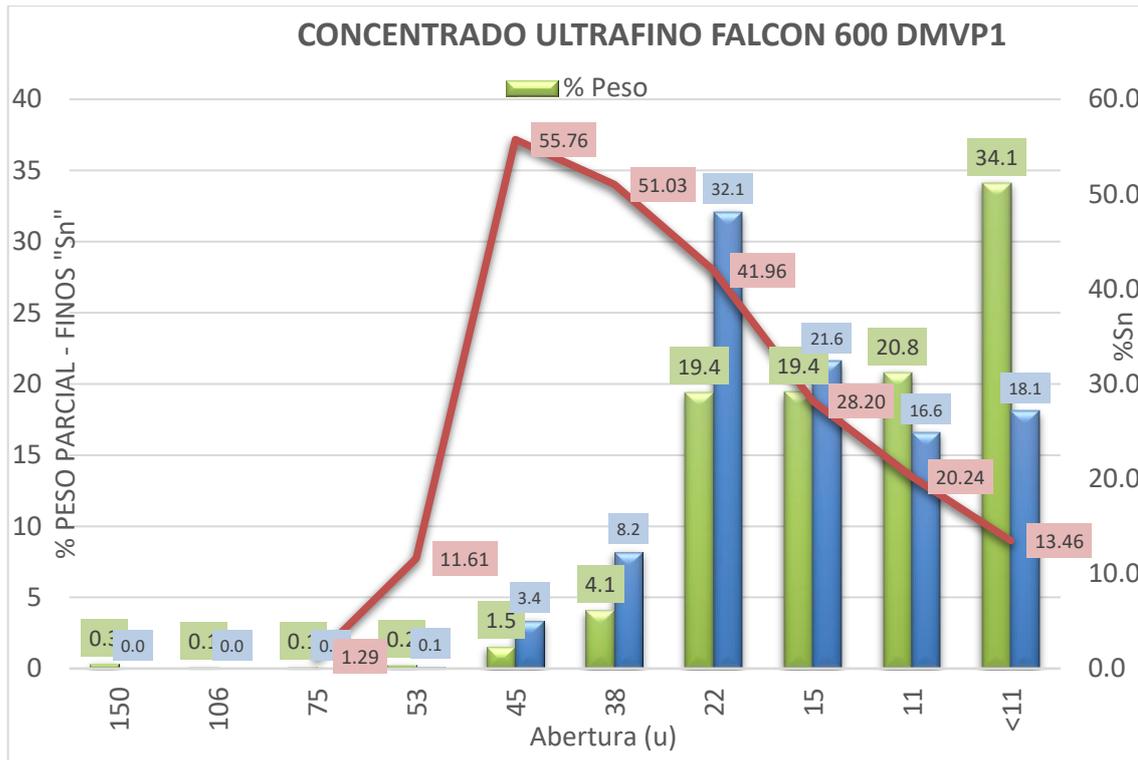


Figura 12. Distribución de malla valorada concentrado, prueba 1

En el alimento del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 35.2 % distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de -11 micras

Distribución de malla valorada relave prueba 1 (DMVP-1):

En la siguiente prueba se toma una muestra del relave del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 398.00 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 12. Distribución de malla valorada relave prueba 1

RELAVE DMVP2									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75	0.10	0.02	99.98	0.00		0.00	0.00	100.00
270	53	0.20	0.05	99.93	0.00		0.00	0.00	100.00
325	45	0.50	0.12	99.81	0.00		0.00	0.00	100.00
400	38	1.30	0.31	99.51	0.00	4.71	0.06	0.22	99.78
	22	34.00	8.00	91.51	16.46	5.39	1.83	6.48	93.30
	15	63.20	14.87	76.64	0.00	5.65	3.57	12.63	80.68
	11	93.50	21.99	54.65	0.00	6.59	6.16	21.79	58.89
	<11	232.30	54.65	0.00	0.00	7.17	16.66	58.89	0.00
Total		425.1	100.00		16.46		28.28	100.00	

Tabla 13. % de sn calculado y ensayado del relave DMVP1

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	2.07	0.00
Cabeza Ensayada	6.89	1.08

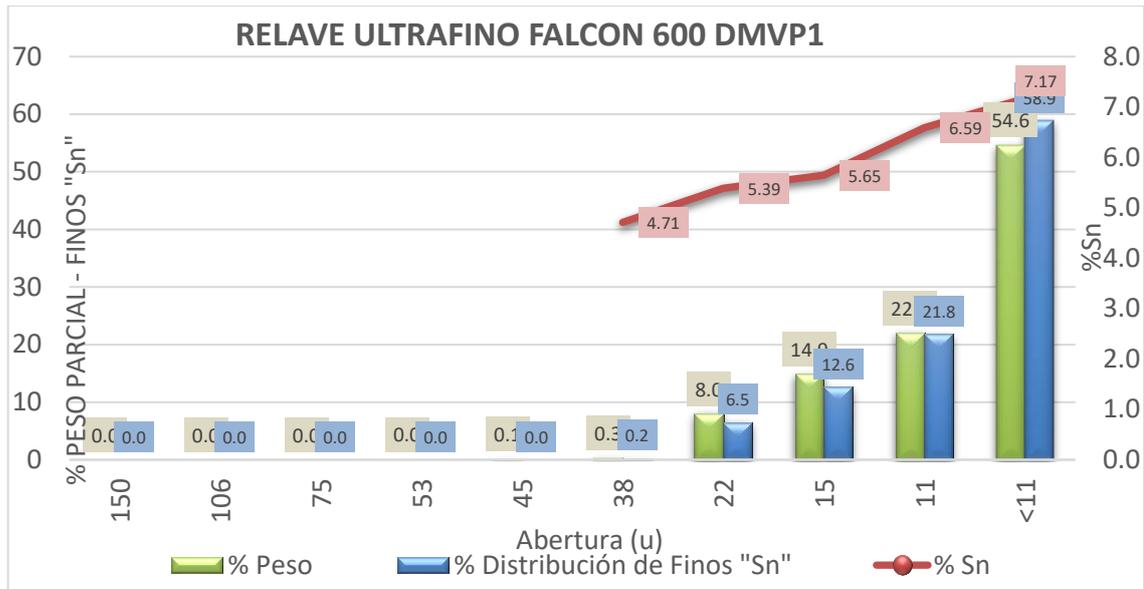


Figura 13. Distribución de malla valorada relave, prueba 1

En el relave del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 58.9 % distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de -11 micras.

4.1.2 Circuito de prueba para malla valorada

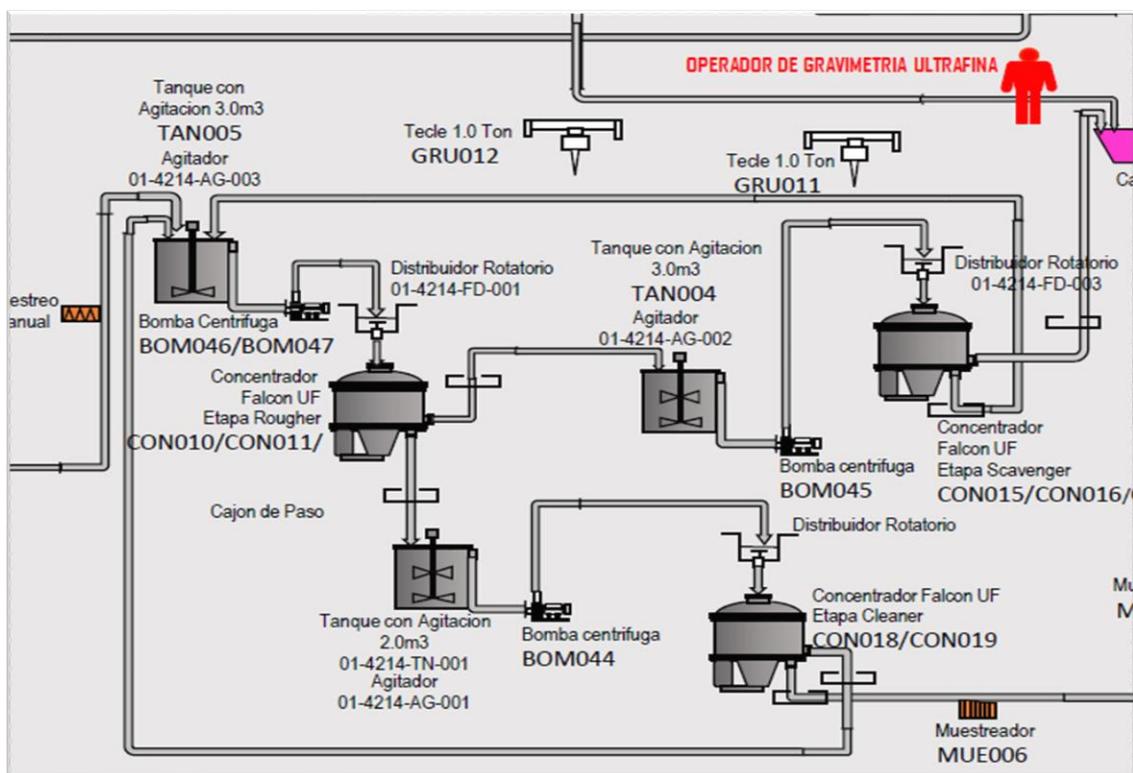


Figura 14. Circuito del concentrado Falcon

Fuente: Laboratorio Metalúrgico – Minsur.

Prueba de análisis granulométrico 2 (PG2):

Para realizar la prueba de análisis granulométrico de la tabla 6, se toma una muestra 376.3 gramos del alimento del circuito ultrafinos del concentrador falcon, de la misma forma toma una muestra de 247.5 gramos del concentrado y finalmente se toma una muestra de 462.6 gramos, el relave para así realizar el secado y pasar por la tamizadora desde una malla 50 hasta -4000 y lo más fino se realiza por un ciclocyzer.

Tabla 14. Análisis granulométrico prueba 2

ANALISIS GRANULOMETRICO CIRCUITO ULTRAFINO FALCON AGP2													
		ALIMENTO				CONCENTRADO				RELAVE			
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Peso				Distribución de Peso			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	Gr	% Peso	% Pass	D80	gr	% Peso	% Pass	D80
50	300		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
70	212		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
200	75	1.90	0.50	99.50	0.00		0.00	100.00	0.00	1.60	0.35	99.65	0.00
270	53	3.60	0.96	98.54			0.00	100.00		3.40	0.73	98.92	
325	44	4.30	1.14	97.40		5.10	2.06	97.94		4.60	0.99	97.92	
400	38	8.10	2.15	95.24	0.00	9.60	3.88	94.06	0.00	6.50	1.41	96.52	0.00
	22	7.00	1.86	93.38	16.55	5.10	2.06	92.00	19.14	5.00	1.08	95.44	0.00
	15	66.00	17.54	75.84	0.00	72.70	29.37	62.63	0.00	66.60	14.40	81.04	14.56
	11	43.50	11.56	64.28	0.00	47.60	19.23	43.39	0.00	46.90	10.14	70.90	0.00
	< 11	241.90	64.28	0.00	0.00	107.40	43.39	0.00	0.00	328.00	70.90	0.00	0.00
Total		376.3		100.00		16.55	247.5	100.00		19.14	462.6	100.00	14.56

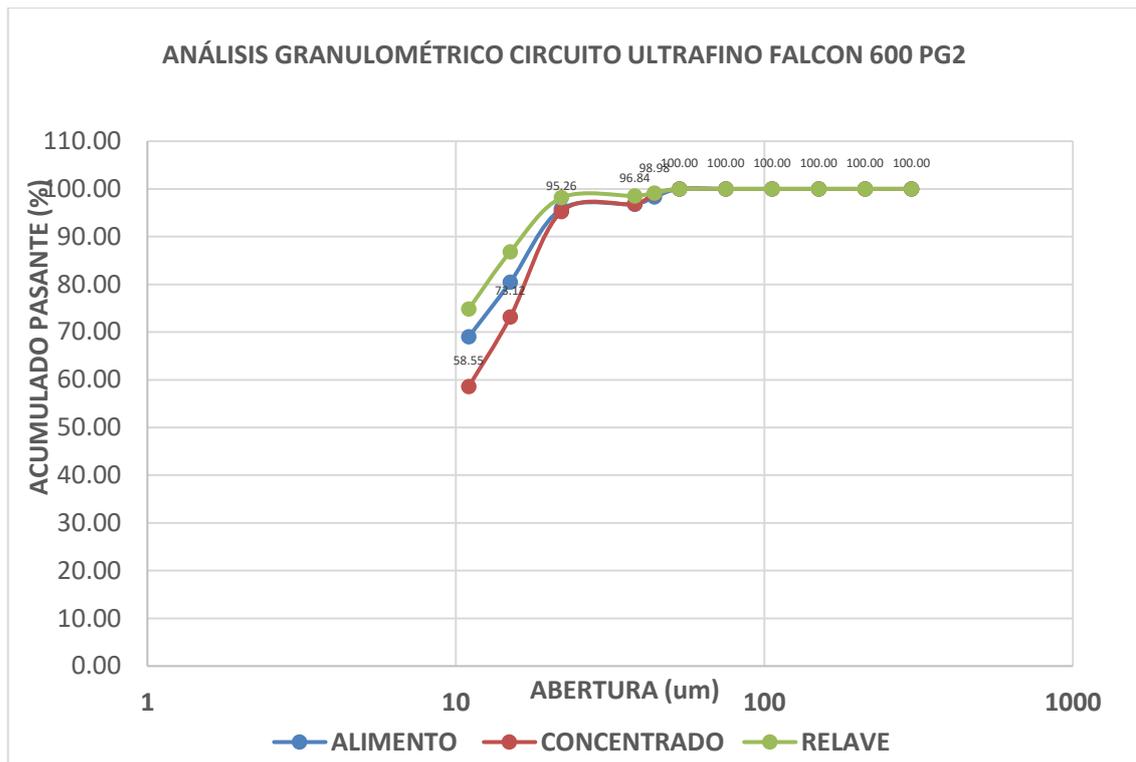


Figura 15. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG2

Se puede observar en la figura 16 del alimento su D80 está en 15 micras, del concentrado su D80 se encuentra en una granulometría de 22 micras, y su D80 del relave está en una granulometría de 15 micras.

Distribución de malla valorada alimento prueba 2 (DMVP-2):

En la siguiente prueba se toma una muestra del alimento del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 376.3 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño

Tabla 15. Distribución de malla valorada alimento ultrafino

ALIMENTO ULTRAFINOS DMVP2													
Malla	Abertura (μ)	Peso (g)	% Peso	% Pass	D80	Distribución de Finos %Sn				Distribución de Finos %S			
						%	Finos (g)	% Peso	% Pass	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
50	300		0.00	100.00	0		0.00	0.00	100.00		0.0000	0.00	100.00
70	212		0.00	100.00	0		0.00	0.00	100.00		0.0000	0.00	100.00
100	150		0.00	100.00	0		0.00	0.00	100.00		0.0000	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0		0.00	0.00	100.00		0.0000	0.00	100.00
200	75	1.90	0.50	99.50	0	1.66	0.03	0.20	99.80	0.30	0.0056	0.43	99.57
270	53	3.60	0.96	98.54	0	0.73	0.03	0.16	99.64	0.05	0.0018	0.14	99.44
325	44	4.30	1.14	97.40		15.53	0.67	4.19	95.44	0.09	0.0038	0.29	99.15
400	38	8.10	2.15	95.24		14.72	1.19	7.49	87.96	0.08	0.0066	0.50	98.66
	22	7.00	1.86	93.38	17	13.73	0.96	6.03	81.93	0.09	0.0064	0.48	98.18
	15	66.00	17.54	75.84	0	7.26	4.79	30.08	51.85	0.11	0.0693	5.23	92.95
	11	43.50	11.56	64.28	0	5.25	2.28	14.34	37.51	0.20	0.0853	6.43	86.52
	< 11	241.90	64.28	0.00	0	2.47	5.97	37.51	0.00	0.47	1.1466	86.52	0.00
Total		376.3	100.00			16.55		15.93	100.00		1.33		100.00

Tabla 16. % de sn calculado y ensayado del alimento DMVP2

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	4.23	0.35
Cabeza Ensayada	14.60	1.00

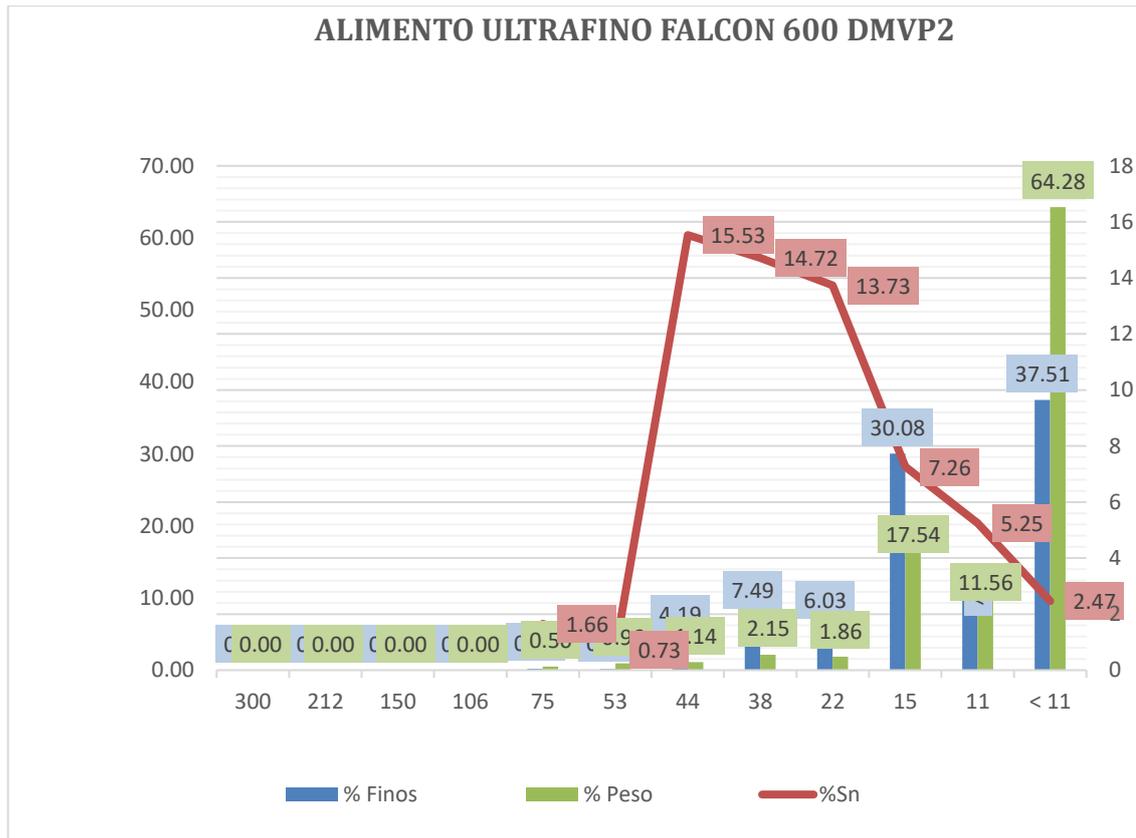


Figura 16. Distribución de malla valorada alimento, prueba 2

En el alimento del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 30.08% distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de 15 micras.

Distribución de malla valorada concentrado prueba 2 (DMVP-2):

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 247.5 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 17. Distribución de malla valorada concentrado ultrafino. P2.

CONCENTRADO ULTRAFINOS DMVP2													
Malla	Abertura (μ)	Peso (g)	% Peso	% Pass	D80	Distribución de Finos %Sn			Distribución de Finos %S				
						%	Finos (g)	% Peso	% Pass	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
50	300		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
70	212		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
100	150		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
140	106		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
200	75		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
270	53		0.00	100.00		0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
325	44	5.10	2.06	97.94	0	44.15	2.25	4.28	95.72	0.30	0.0151	0.97	99.03
400	38	9.60	3.88	94.06		45.30	4.35	8.26	87.46	0.17	0.0161	1.04	97.99
	22	5.10	2.06	92.00	19	41.79	2.13	4.05	83.41	0.24	0.0120	0.77	97.22
	15	72.70	29.37	62.63		31.45	22.86	43.45	39.96	0.29	0.2116	13.61	83.60
	11	47.60	19.23	43.39	0	20.12	9.58	18.20	21.76	0.43	0.2037	13.11	70.49
	< 11	107.40	43.39	0.00	0	10.66	11.45	21.76	0.00	1.02	1.0955	70.49	0.00
Total		247.5	100.00		19.14	52.62	100.00			1.55	100.00		

Tabla 18. % de sn calculado y ensayado del concentrado DMVP2

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	0.00	34.19
Cabeza Ensayada	26.53	1.02

Tabla 19. Distribución de malla valorada de relave ultrafinos. p2

Malla	Abertura (μ)	Peso (g)	% Peso	% Pass	D80	RELAVE ULTRAFINOS DMVP2							
						Distribución de Finos %Sn				Distribución de Finos %S			
						%	Finos (g)	% Peso	% Pass	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
70	212		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
100	150		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
140	106		0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	0.0000	0.00	100.00		
200	75	1.60	0.35	99.65	0	0.44	0.01	0.06	99.94	0.56	0.0089	0.47	99.53
270	53	3.40	0.73	98.92	0	2.99	0.15	1.23	98.71	0.03	0.0010	0.05	99.47
325	44	4.60	0.99	97.92		3.30	0.15	1.25	97.46	0.05	0.0021	0.11	99.36
400	38	6.50	1.41	96.52		4.27	0.28	2.29	95.17	0.05	0.0032	0.17	99.19
	22	5.00	1.08	95.44		4.37	0.22	1.80	93.36	0.06	0.0031	0.16	99.03
	15	66.60	14.40	81.04	15	3.52	2.34	19.34	74.02	0.07	0.0486	2.60	96.43
	11	46.90	10.14	70.90		3.60	1.69	13.93	60.09	0.17	0.0779	4.16	92.28
	< 11	328.00	70.90	0.00	0	2.22	7.28	60.09	0.00	0.53	1.7286	92.28	0.00
Total		462.6	100.00			14.56	12.12	100.00		1.87	100.00		

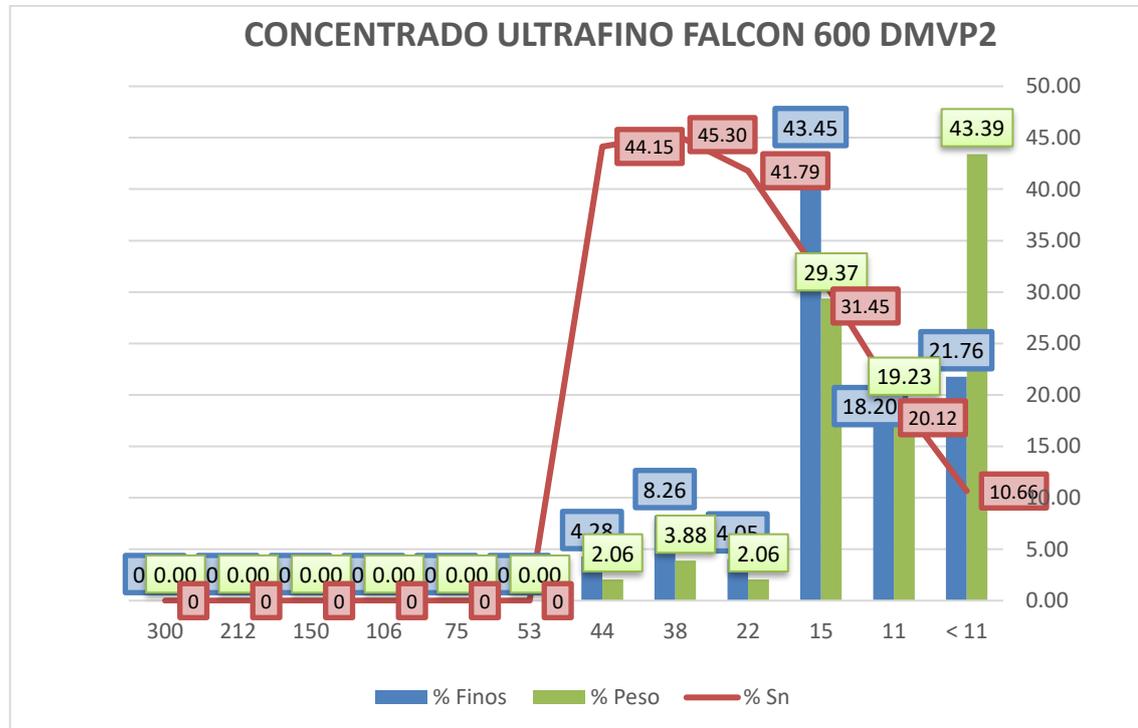


Figura 17. Distribución de malla valorada concentrado ultrafino, prueba 2

En el alimento del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 43.45% distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de 15 micras

Distribución de malla valorada relave prueba 2 (DMVP-2):

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 462.6 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 20. % De sn calculado y ensayado relave DMVP2.

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	23.52	2.85
Cabeza Ensayada	6.89	1.08

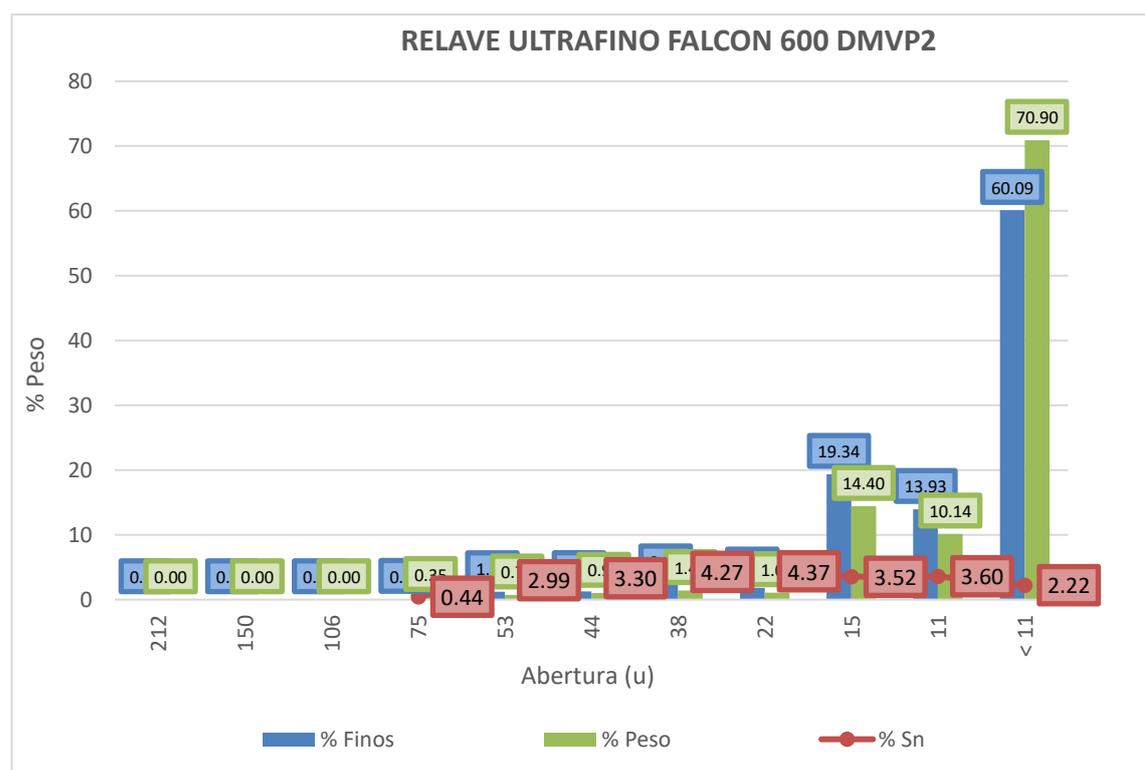


Figura 18. Distribución de malla valorada relave ultrafino, prueba 2

En el alimento del relave ultrafino falcon 600, se tiene 60.09% distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de -11 micras.

Prueba de análisis granulométrico 3 (PG3):

Para realizar la prueba de análisis granulométrico de la tabla N°6, se toma una muestra 262.8 gramos del alimento del circuito ultrafinos del concentrador falcon, de la misma forma toma una muestra de 177.1 del concentrado y finalmente se toma una muestra de 233.6 del relave para así realizar el secado y pasar por la tamizadora desde una malla 50 hasta -4000 y lo más fino se realiza por un ciclo cycer.

Tabla 21. Prueba de análisis granulométrico 3

ANÁLISIS GRANULOMETRICO CIRCUITO ULTRAFINO FALCON AGP3													
		ALIMENTO				CONCENTRADO				RELAVE			
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso			Distribución de Peso				Distribución de Peso				
		gr	% Peso	% Pass	D80	Gr	% Peso	% Pass	D80	Gr	% Peso	% Pass	D80
50	300		0.00	100.00			0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
70	212		0.00	100.00			0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
100	150		0.00	100.00			0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
140	106		0.00	100.00			0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
200	75		0.00	100.00			0.00	100.00	0.00		0.00	100.00	0.00
270	53		0.00	100.00			0.00	100.00			0.00	100.00	
325	44	4.40	1.67	98.33		1.80	1.02	98.98		2.00	0.86	99.14	
400	38	4.00	1.52	96.80		3.80	2.15	96.84	0.00	1.40	0.60	98.54	0.00
	22	2.60	0.99	95.81		2.80	1.58	95.26	17.09	0.90	0.39	98.16	0.00
	15	40.40	15.37	80.44	14.83	39.20	22.13	73.12	0.00	26.50	11.34	86.82	12.65
	11	30.10	11.45	68.99		25.80	14.57	58.55	0.00	28.00	11.99	74.83	0.00
	< 11	181.30	68.99	0.00		103.70	58.55	0.00	0.00	174.80	74.83	0.00	0.00
Total		262.8		100.00		14.83	177.1	100.00		17.09	233.6	100.00	12.65

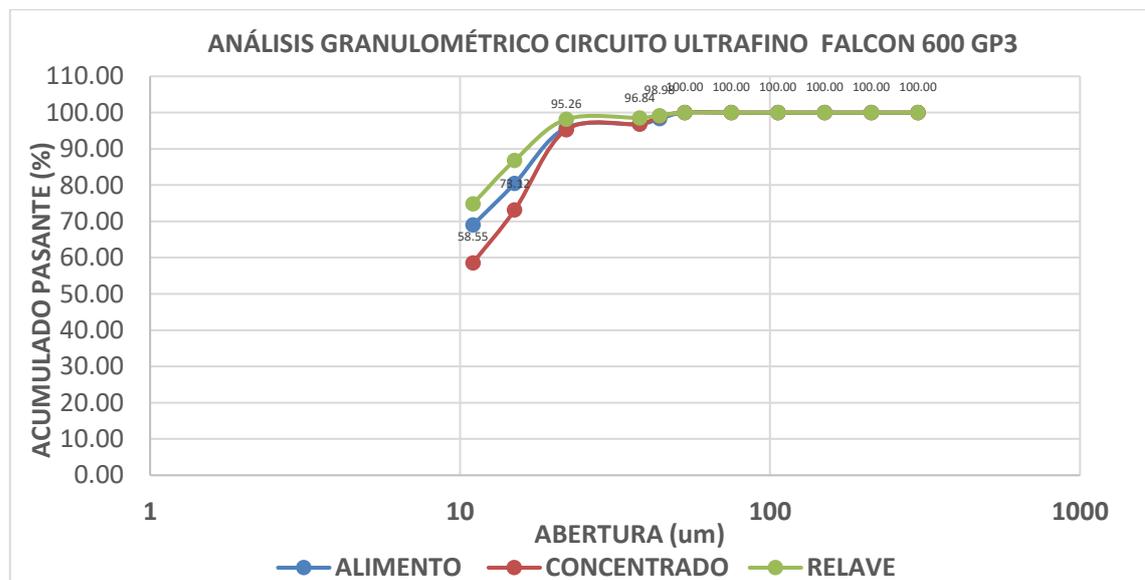


Figura 19. Análisis granulométrico alimento, concentrado, relave PG3

Se puede observar en la figura 16 del alimento su D80 está en 15 micras, del concentrado su D80 se encuentra en una granulometría de 22 micras, y su D80 del relave está en una granulometría de 15 micras.

Distribución de malla valorada concentrado prueba 3 (DMVP-3):

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 262.8 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 22. Distribución de malla valorada alimento p3

ALIMENTO ULTRAFINO FALCON DMVP3									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
50	300		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
70	212		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
270	53		0.00	100.00			0.00	0.00	100.00
325	44	4.40	1.67	98.33		23.82	1.05	4.99	95.01
400	38	4.00	1.52	96.80	0.00	29.95	1.20	5.71	89.30
	22	2.60	0.99	95.81	0.00	37.03	0.96	4.59	84.72
	15	40.40	15.37	80.44	14.83	23.49	9.49	45.20	39.52
	11	30.10	11.45	68.99	0.00	10.28	3.09	14.74	24.78
	< 11	181.30	68.99	0.00	0.00	2.87	5.20	24.78	0.00
Total		262.8	100.00		14.83		21.00	100.00	

Tabla 23. % De Sn calculado y ensayado alimento DMVP3

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	25.64	0.00
Cabeza Ensayada	26.53	1.02

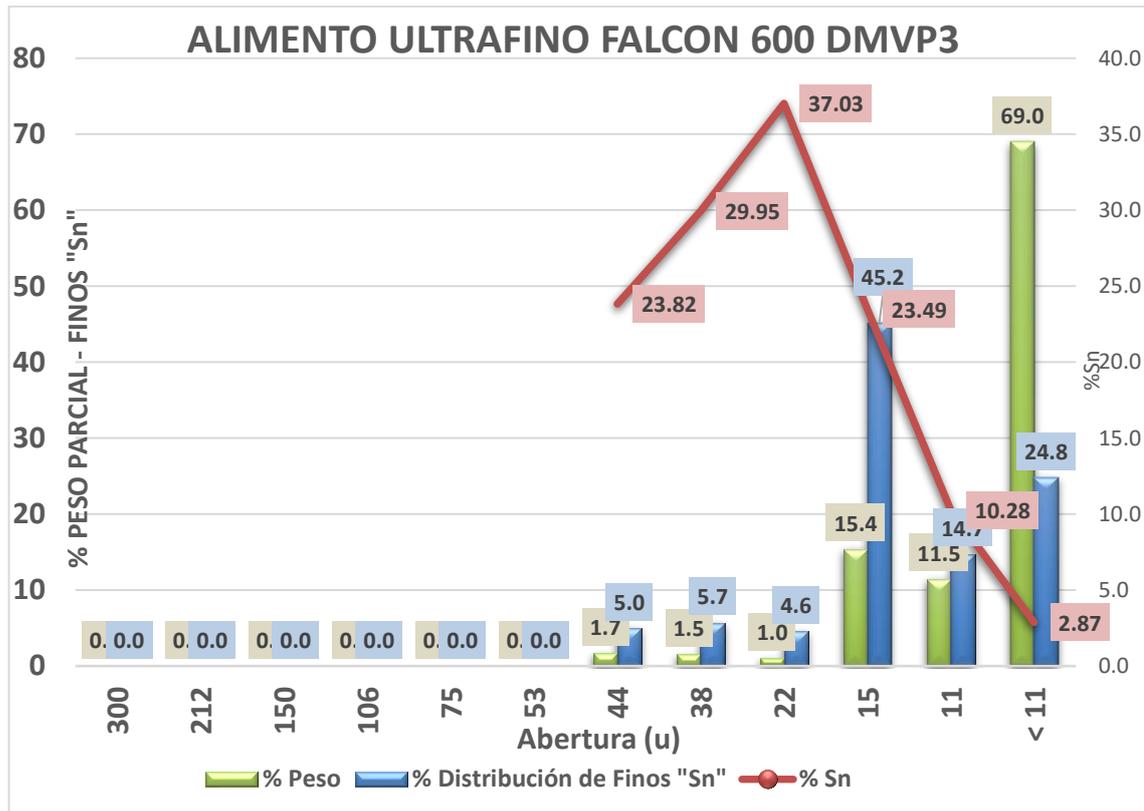


Figura 20. Distribución de malla valorada alimento prueba 3

En el alimento del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 45.2% distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de 15 micras

Distribución de malla valorada concentrado prueba 3 (DMVP-3)

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 177.1 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 24. Distribución de malla valorada concentrado P3.

CONCENTRADO ULTRAFINOS FALCON DMVP3									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso				Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
50	300		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
70	212		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
270	53		0.00	100.00			0.00	0.00	100.00
325	44	1.80	1.02	98.98		48.06	0.87	1.91	98.09
400	38	3.80	2.15	96.84	0.00	60.64	2.30	5.07	93.02
	22	2.80	1.58	95.26	17.09	59.88	1.68	3.69	89.33
	15	39.20	22.13	73.12	0.00	51.59	20.22	44.53	44.79
	11	25.80	14.57	58.55	0.00	35.07	9.05	19.93	24.87
	< 11	103.70	58.55	0.00	0.00	10.89	11.29	24.87	0.00
Total		177.1	100.00		17.09	266.13	45.41	100.00	

Tabla 25. % De Sn calculado y ensayado concentrado DMVP3

	% Sn	% S
C.Calculada	25.64	0.00
C.Ensayada	26.53	1.02

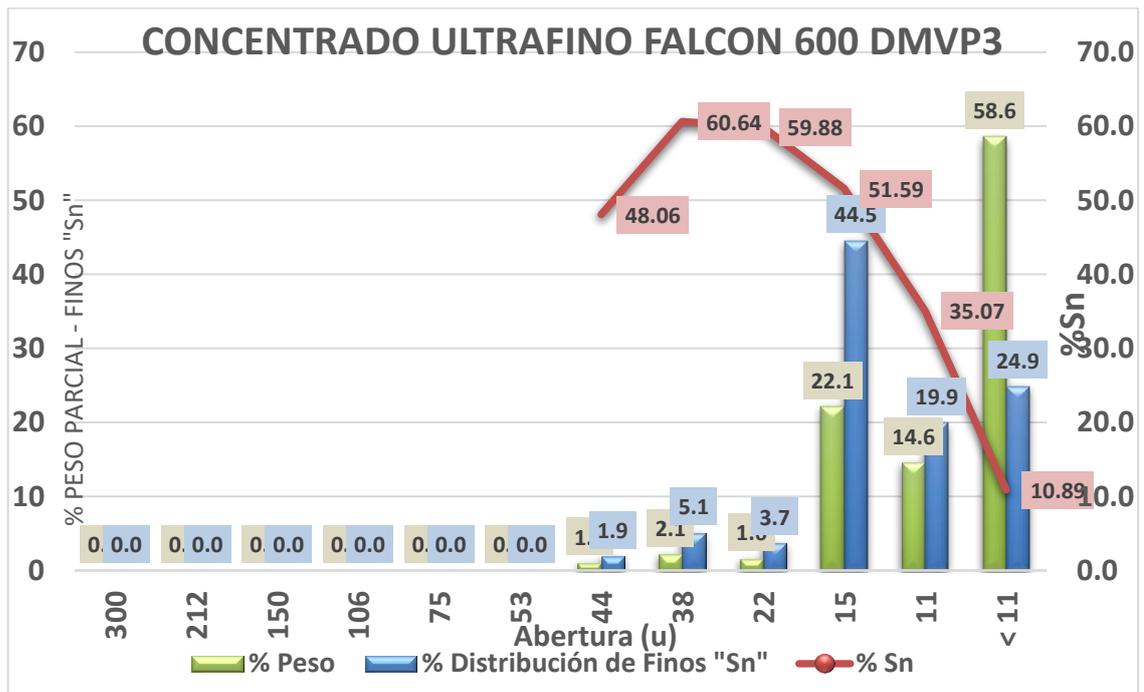


Figura 21. Distribución de malla valorada concentrado prueba 3

En el concentrado del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 44.5% distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de 15 micras

Distribución de malla valorada relave prueba 3 (DMVP-3):

En la siguiente prueba se toma una muestra del concentrado del concertador ultrafino falcon 600 un peso de 247.5 gramos se realiza el análisis granulométrico por el método malla valorada para obtener la distribución de finos del estaño.

Tabla 26. Distribución de malla valorada relave p3

REALAVE ULTRAFINOS FALCON DMVP3									
Malla	Abertura (μ)	Distribución de Peso			Distribución de Finos "Sn"				
		Gr	% Peso	% Pass	D80	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
50	300		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
70	212		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
100	150		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
140	106		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
200	75		0.00	100.00	0.00		0.00	0.00	100.00
270	53		0.00	100.00			0.00	0.00	100.00
325	44	2.00	0.86	99.14		10.02	0.20	4.14	95.86
400	38	1.40	0.60	98.54	0.00	12.17	0.17	3.52	92.34
	22	0.90	0.39	98.16	0.00	14.42	0.13	2.68	89.66
	15	26.50	11.34	86.82	12.65	6.16	1.63	33.72	55.94
	11	28.00	11.99	74.83	0.00	2.43	0.68	14.05	41.89
	< 11	174.80	74.83	0.00	0.00	1.16	2.03	41.89	0.00
Total		233.6	100.00		12.65		4.84	100.00	

Tabla 27. % de sn calculado y ensayado relave DMVP3

	% Sn	% S
Cabeza Calculada	2.07	0.00
Cabeza Ensayada	6.89	1.08

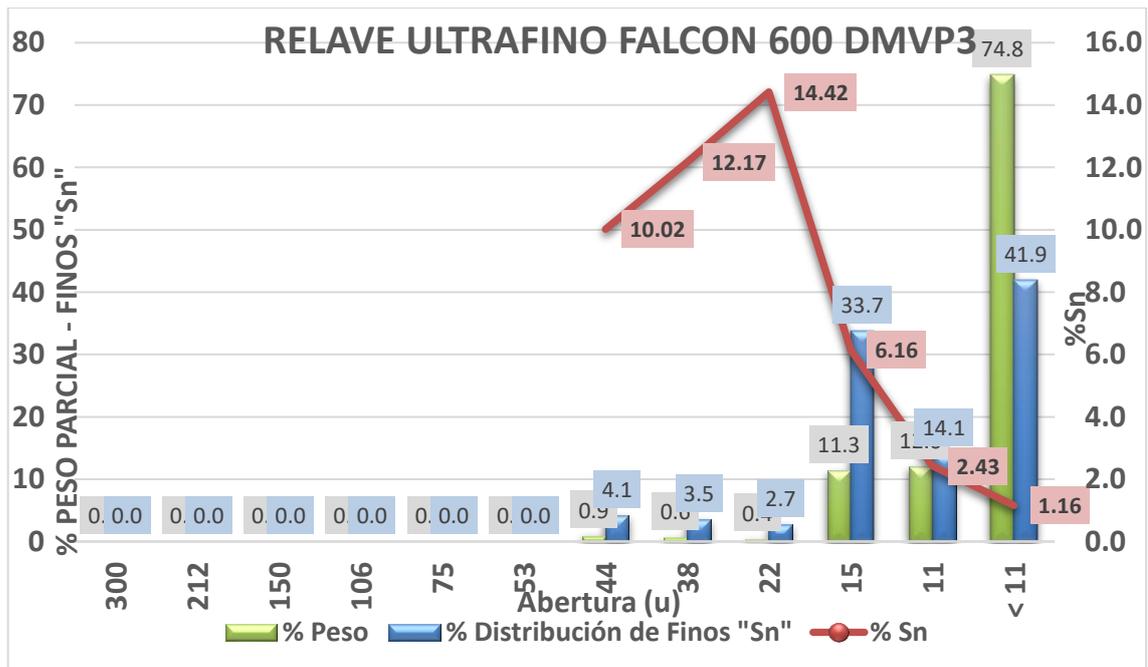


Figura 22. Distribución de malla valorada relave prueba 3

En el relave del concentrador ultrafino falcon 600, se tiene 33.7 % distribución de finos de estaño y esta se encuentra en una granulometría de 15 micras

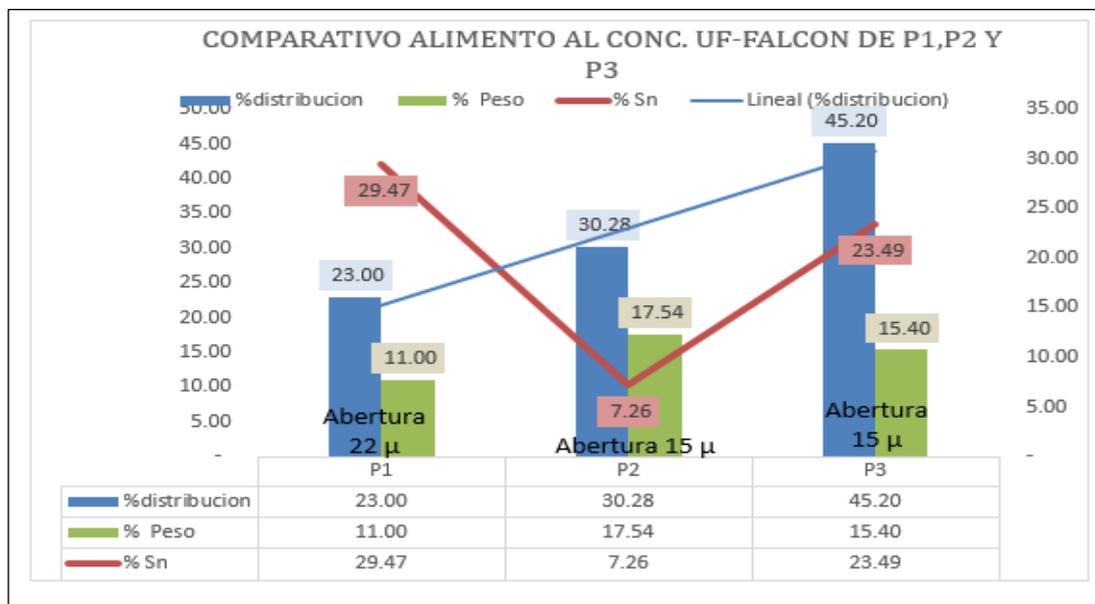


Figura 23. Diseño experimental

P1: Se visualiza la granulometría de alimentación, la pulpa tiene una granulometría de 22 micras se tiene una de distribución de 23% y un peso de 11%, y esta tiene una calidad de 29.97 % de estaño fino.

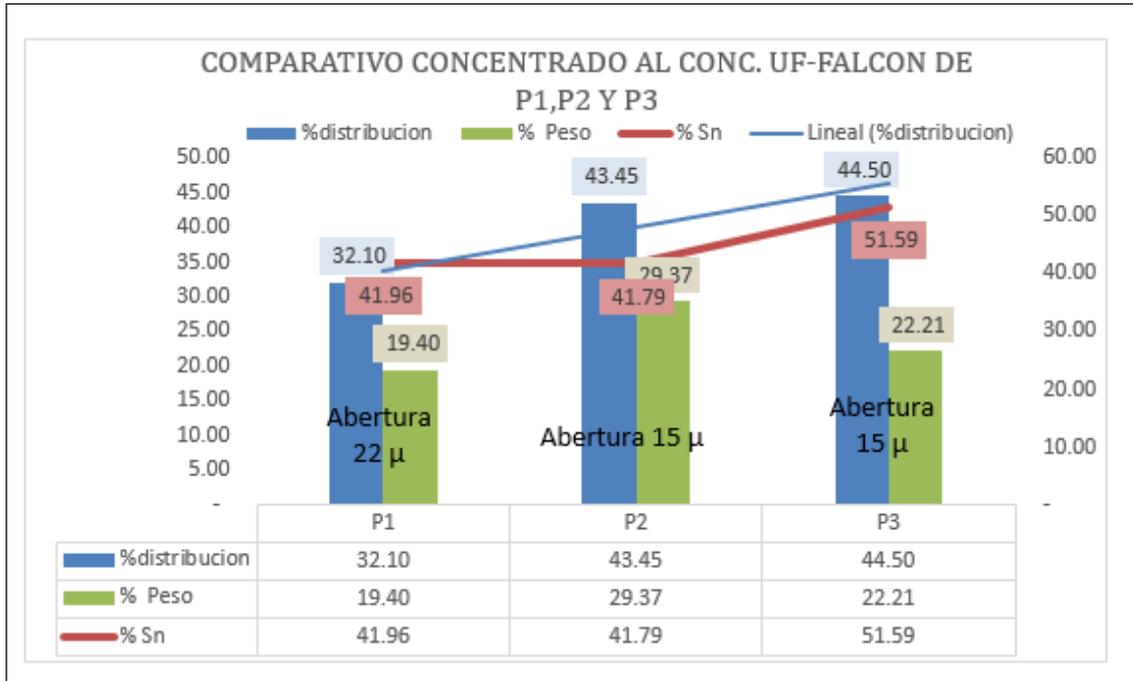


Figura 24. Diseño experimental

P2: Se visualiza la granulometría de alimentación, la pulpa tiene una granulometría de 15 micras se tiene una de distribución de 30.28% y un peso de 17.54%, y esta tiene una calidad de 7.26% de estaño fino.

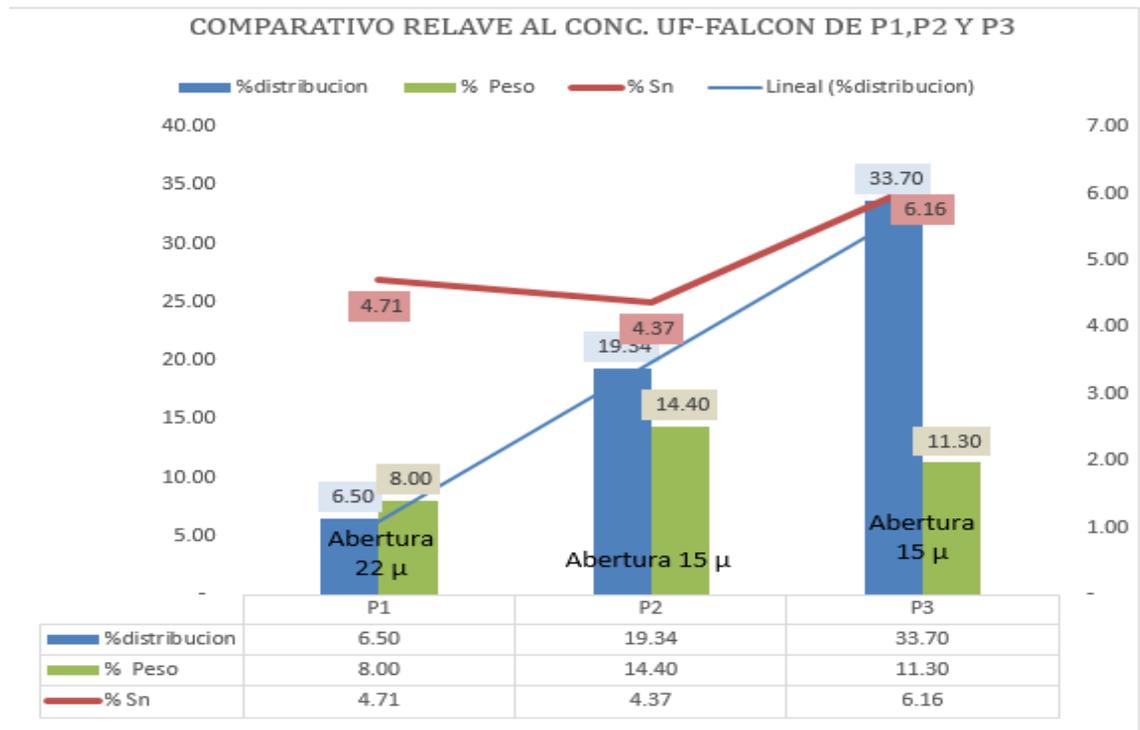


Figura 25. Diseño experimental



4.2 DESARROLLO DE PRUEBAS DE TIEMPO EN EL CONCENTRADOR FALCON

Para iniciar se toma las pruebas en el estado situacional, en el concentrador falcon se viene realizando las operaciones con los siguientes parámetros una granulometría de 22 micras.

Las pruebas se realizaron en la planta piloto con material del proceso actual.

Los parámetros de operación inicial del concentrador Falcon UF 600 se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 28. Parámetros de operación inicial

Parámetros de Operación Concentrador UF-600	
Run Time	100 sec.
Rinse Time	30 sec.
Hz	50
RPM	1094.5
G FORCE	229.6
Pressure of Water	76 psi
Pressure of Air Actual Max	104 psi
Nº de ciclos Rougher	4
Nº de ciclos Cleaner	1
Nº de ciclos Scavenger	1

Tabla 29. Reporte de pruebas

REPORTE DE PRUEBAS FALCON UF-600		
N°	Descripción	%Sn
1	Alimento Rougher	12.12
2	Concentrado Rougher	20.50
3	Relave Rougher	5.33
4	Concentrado Cleaner	30.98
5	Relave Cleaner	13.77
6	Concentrado Final	33.10

Tabla 30. % de recuperación a malla 22 micras

Producto	Alimento %Sn	Peso Kg	Concentrado % Sn	Peso Kg	Relave % Sn	Peso Kg	Recuperación %
Etapas Rougher	12.12	521.30	20.50	220.00	5.33	646.60	71.38
Etapas Cleaner	20.5	221.00	30.98	71.40	13.77	111.30	48.82

La prueba inicial es para saber las condiciones actuales y los parámetros que se está realizando en la planta piloto, con una granulometría de 22 micras y un tiempo de 100 segundos se obtiene una recuperación de 48.82 % de estaño fino, es a partir de estos parámetros se realiza las pruebas para optimizar el proceso de recuperación de estaño fino.

4.2.1 Prueba de tiempo en el concentrador falcón 1

En esta prueba ya teniendo los resultados del análisis granulométrico como es la malla 15 micrones se comienza a evaluar el parámetro del tiempo en donde se da inicio esta prueba con los siguientes datos de la tabla 25.

Tabla 31. Parámetros de la prueba 1

PARÁMETROS DE OPERACIÓN CONCENTRADOR UF-600	
Run Time	100 sec.
Rinse Time	30 sec.
Granulometría	15 micras
Hz	50
RPM	1094.5
G FORCE	229.6
Pressure of Water	76 psi
Pressure of Air Actual Max	104 psi
Nº de ciclos Rougher	4
Nº de ciclos Cleaner	1
Nº de ciclos Scavenger	1

Tabla 32. Rendimiento metalúrgico prueba 1 por leyes

Rendimiento Metalúrgico del Concentrador Falcon UF-600 (Por Leyes)				
Producto	Alim. %Sn	Conc. %Sn	Rel %Sn	Rec. Sn %
Etapa Rougher	3.79	4.27	1.35	94.160
Etapa Cleaner	4.27	7.45	2.96	50.796
Etapa Scavenger	2.96	6.49	2.67	16.645

Tabla 33. Balance metalúrgico prueba 1

Concentrador Falcon UF - 600										
Descripción	UND	Rougher			Cleaner			Scavenger		
		Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave
Masa Alimentada	Kg	30.11	18.19	11.92	18.19	5.29	12.90	12.90	4.27	8.64
Distribucion en oxigeno	%		60.42	39.58		29.08	70.92		33.06	66.94
Solidos	%	14.31	9.90	5.79	8.08	2.24	7.94	7.94	1.66	5.67
Agua de Lavado	Lts.		55.08			10.85			11.80	
Densidad	Kg/m3	1.10	1.07	0.00	1.06	1.02	1.05	1.05	1.01	1.04
Ley de estaño	%	3.79	4.27	1.35	4.27	7.45	2.96	2.96	6.49	2.67
Recuperacion	%		68.01			50.78			72.50	

En el balance de la tabla 32, se da inicio a la prueba con la **etapa rougher** se alimenta 30.11 kg con una ley de 3.79 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 18.19 kg. Con una ley de 4.27 % de estaño, el relave tiene 11.92 kg con una ley de 1.35 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 68.01%.

La **etapa cleaner** se alimenta 18.19 kg con una ley de 4.27 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 5.29 kg. Con una ley de 7.45 % de estaño, el relave tiene 12.90 kg con una ley de 2.96 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 50.78%.

La **etapa scavenger** se alimenta 12.90 kg con una ley de 2.96 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 4.27 kg. Con una ley de 6.49 % de estaño, el relave tiene 8.64 kg con una ley de 2.67 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 72.50%.

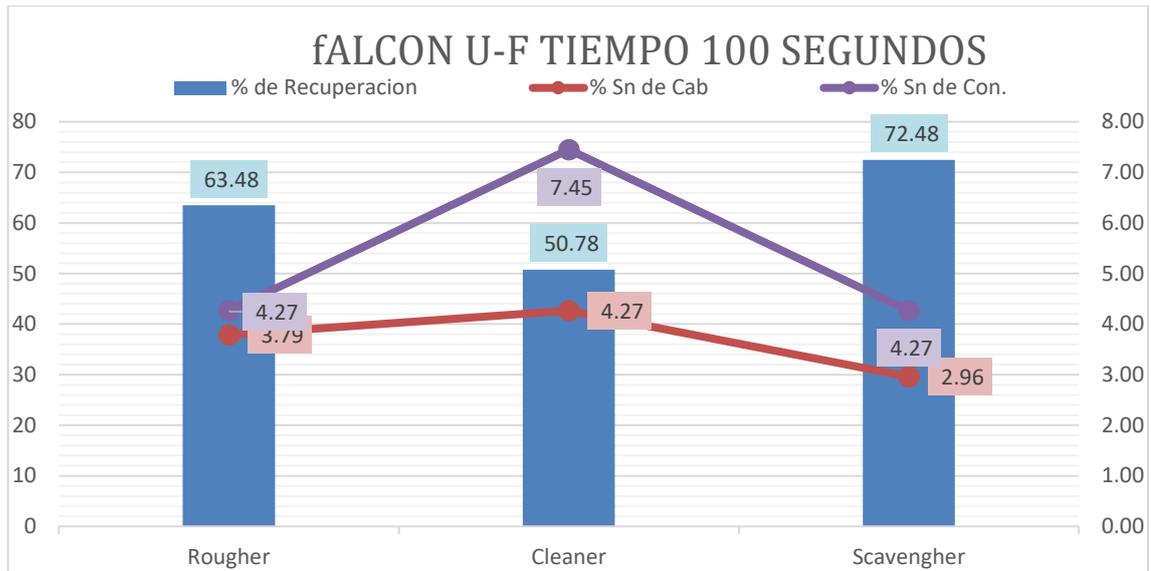


Figura 26. Distribución de tiempo de residencia prueba 1

Al variar la granulometría a malla -400 en **15 micras** con el mismo tiempo de residencia de **100 segundos** en el concentrador Falcon ultra fino 600, según el cuadro se puede observar que el incremento de recuperación de 48.82 % Sn a 50.78 % de Sn, se incrementa en un **1.96 % de recuperación de estaño fino**

4.2.2 Prueba de tiempo en el concentrador falcón N° 2:

Esta prueba se realiza con una granulometría de 15 micras y un tiempo de 110 segundos y en la tabla 28 se detalla los parámetros de operación.

Tabla 34. Parámetros de operación prueba n° 2

Parámetros de Operación Concentrador UF-600	
Run Time	110 sec.
Rinse Time	30 sec.
Granulometría	22 micras
Hz	50
RPM	1094.5
G FORCE	229.6
Pressure of Water	76 psi
Pressure of Air Actual Max	104 psi
N° de ciclos Rougher	4
N° de ciclos Cleaner	1
N° de ciclos Scavenger	1

Tabla 35. Rendimiento metalúrgico concentrado P2

Rendimiento Metalurgico del Concentrador Falcon UF-600 (Por Leyes)				
Producto	Alim. %Sn	Conc. %Sn	Rel %Sn	Rec. Sn %
Etapa Rougher	3.79	4.39	1.44	72.272
Etapa Cleaner	4.39	7.57	2.91	54.766
Etapa Scavenger	2.91	6.45	2.37	29.336

Tabla 36. Concentrado Falcon P2

Concentrador Falcon UF - 600										
Descripcion	UND	Rougher			Cleaner			Scavenger		
		Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave
Masa Alimentada	Kg	36.12	22.13	13.99	22.13	6.63	15.51	15.51	4.27	11.24
Distribucion en oxigeno	%		61.28	38.72		29.94	70.06		27.51	72.49
Solidos	%	14.95	9.90	6.76	9.84	2.79	8.90	8.90	1.66	7.30
Agua de Lavado	Lts.		47.59			11.68			12.00	
Densidad	Kg/m3	1.11	1.07	0.00	1.07	1.02	1.06	1.06	1.01	1.05
Ley de estaño	%	3.79	4.39	1.44	4.39	7.57	2.91	2.91	6.45	2.31
Recuperacion	%		70.98			51.99			60.99	

En el balance de la tabla 30, se da inicio a la prueba con la **etapa rougher** se alimenta 36.12 kg con una ley de 3.79 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 22.13 kg. Con una ley de 4.39 % de estaño, el relave tiene 13.99 kg con una ley de 1.44 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 70.98%.

La **etapa cleaner** se alimenta 22.13 kg con una ley de 4.39 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como son el concentrado con 6.63 kg. Con una ley de 7.57 % de estaño, el relave tiene 15.51 kg con una ley de 2.91 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 51.99%.

La **etapa scavenger** se alimenta 15.51 kg con una ley de 2.91 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 4.27 kg. Con una ley de 6.45 % de estaño, el relave tiene 11.24 kg con una ley de 2.37 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 60.99%.

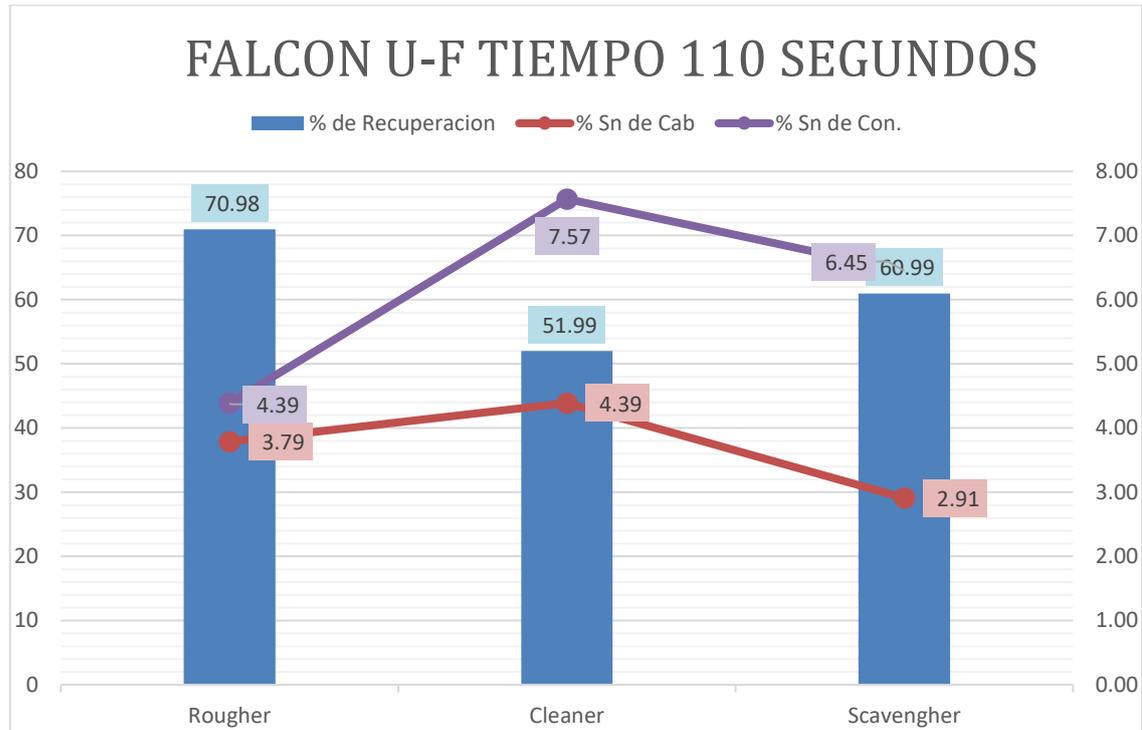


Figura 27. Distribución de tiempo de residencia prueba 2

Al incrementar el tiempo de residencia a 110 segundos en el concentrador Falcon ultra fino 600, según el cuadro se puede observar que el incremento de recuperación en un 1.21 % de recuperación de estaño fino en donde la calidad %Sn de concentrado incrementa en 0,12 % lo cual indica que el concentrado del estaño comienza incrementar su calidad.

4.2.3 Prueba de tiempo en el concentrador falcón 3

Esta prueba se realiza con una granulometría de 15 micras y un tiempo de 120 segundos y en la tabla 31 se detalla los parámetros de operación.



Tabla 37. Prueba 3 de 120 segundos

Parametros de Operación Concentrador UF-600	
Run Time	120 sec.
Rinse Time	30 sec.
Granulometría	15 micras
Hz	50
RPM	1094.5
G FORCE	229.6
Pressure of Water	76 psi
Pressure of Air Actual Max	104 psi
Nº de ciclos Rougher	4
Nº de ciclos Cleaner	1
Nº de ciclos Scavenger	1

Tabla 38. Rendimiento metalúrgico P3

Rendimiento Metalúrgico del Concentrador Falcon UF-600 (Por Leyes)				
Producto	Alim. %Sn		Rel %Sn	
Etapa Rougher	3.79	4.36	1.44	92.583
Etapa Cleaner	4.36	7.64	2.9	53.974
Etapa Scavenger	2.9	6.45	2.37	28.892

Tabla 39. Concentrado P3

Concentrador Falcon UF - 600										
Descripcion	UND	Rougher			Cleaner			Scavenger		
		Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave
Masa Alimentada	Kg	39.58	22.03	17.55	22.03	7.09	14.93	14.93	4.27	10.67
Distribucion en oxigeno	%		55.66	44.34		32.20	67.80		28.57	71.43
Solidos	%	16.38	9.90	8.38	9.90	2.98	8.67	8.67	1.66	6.95
Agua de Lavado	Lts.		47.59			11.71			12.15	
Densidad	Kg/m3	1.12	1.07	0.00	1.07	1.02	1.06	1.06	1.01	1.05
Ley de estaño	%	3.79	4.36	1.44	4.36	7.64	2.90	2.90	6.45	2.31
Recuperacion	%		64.03			56.42			63.54	

En el balance de la tabla 33, se da inicio a la prueba con la **etapa rougher** se alimenta 39.58 kg con una ley de 3.79 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como son el concentrado con 22.03 kg. Con una ley de 4.36 % de estaño, el relave tiene 17.55 kg con una ley de 1.44 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 64.03%.

La **etapa cleaner** se alimenta 22.03 kg con una ley de 4.36 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como son el concentrado con 7.09 kg. Con una ley de 7.64 % de estaño, el relave tiene 14.93 kg con una ley de 2.90 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 56.42%.

La **etapa scavenger** se alimenta 14.93 kg con una ley de 2.90 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 4.27 kg. Con una ley de 6.45 % de estaño, el relave tiene 10.67 kg con una ley de 2.31 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 63.54%.

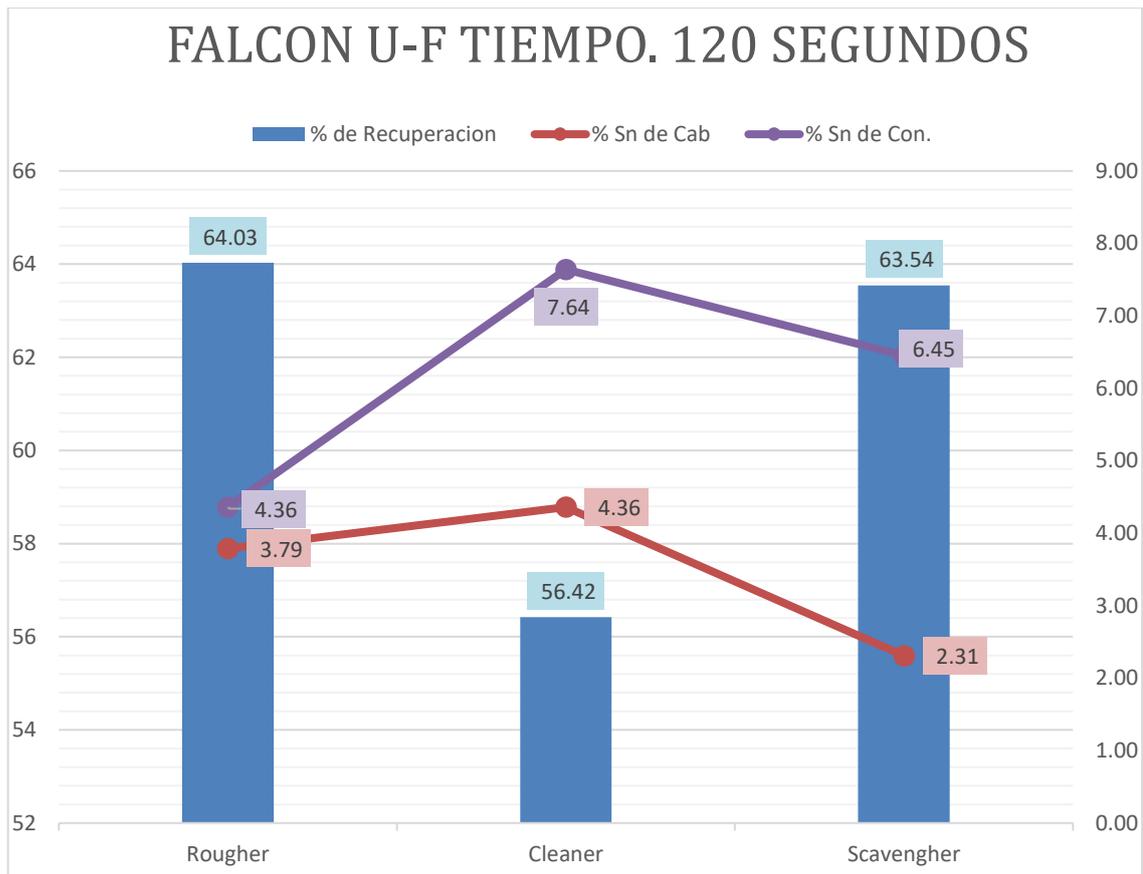


Figura 28. Distribución de tiempo de residencia prueba 3

Al incrementar el tiempo de residencia a 120 segundos en el concentrador Falcon ultra fino 600, según el cuadro se puede observar que el incremento de recuperación en un 4.43 % de recuperación de estaño fino en donde la calidad %Sn de concentrado incrementa en 0,07% lo cual indica que el concentrado del estaño comienza incrementar su calidad.

4.2.4 Prueba de tiempo en el concentrador falcon 4

Esta prueba se realiza con una granulometría de 15 micras y un tiempo de 150 segundos y en la tabla 34 se detalla los parámetros de operación.



Tabla 40. Prueba 4

Parámetros de Operación Concentrador UF-600	
Run Time	150 sec.
Rinse Time	30 sec.
Granulometría	15 micras
Hz	50
RPM	1094.5
G FORCE	229.6
Pressure of Water	76 psi
Pressure of Air Actual Max	104 psi
Nº de ciclos Rougher	4
Nº de ciclos Cleaner	1
Nº de ciclos Scavenger	1

Tabla 41. Rendimiento metalúrgico P4

Rendimiento Metalúrgico del Concentrador Falcon UF-600 (Por Leyes)				
Producto	Alim. %Sn	Conc. %Sn	Rel %Sn	Rec. Sn %
Etapa Rougher	3.79	4.36	1.44	92.583
Etapa Cleaner	4.36	7.61	2.92	53.591
Etapa Scavenger	2.92	6.49	2.47	24.880

Tabla 42. Concentrado P4

Concentrador Falcon UF - 600										
Descripcion	UND	Rougher			Cleaner			Scavenger		
		Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave	Alimento	Concentrado	Relave
Masa Alimentada	Kg	43.95	28.91	15.03	28.91	9.36	19.55	19.55	4.27	15.29
Distribucion en oxigeno	%		65.79	34.21		32.37	67.63		21.82	78.18
Solidos	%	17.65	9.90	7.24	12.49	3.91	11.14	11.14	1.66	9.77
Agua de Lavado	Lts.		47.53			11.46			11.92	
Densidad	Kg/m3	1.13	1.07	0.00	1.09	1.03	1.08	1.08	1.01	1.07
Ley de estaño	%	3.79	4.36	1.44	4.36	7.61	2.92	2.92	6.49	2.47
Recuperacion	%		75.68			56.50			48.50	

En el balance de la tabla 36, se da inicio a la prueba con la **etapa rougher** se alimenta 43.95 kg con una ley de 3.79 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como son el concentrado con 28.91 kg. Con una ley de 4.36 % de estaño, el relave tiene 15.03 kg con una ley de 1.44 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 75.68%.

La **etapa cleaner** se alimenta 28.91 kg con una ley de 4.36 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como son el concentrado con 9.36 kg. Con una ley de 7.61 % de estaño, el relave tiene 19.55 kg con una ley de 2.92 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 56.50%.

La **etapa scavenger** se alimenta 19.55 kg con una ley de 2.92 % de estaño y esta tiene dos productos de salida como es el concentrado con 4.27 kg. Con una ley de 6.49 % de estaño, el relave tiene 15.29 kg con una ley de 2.47 de estaño % y a si teniendo una recuperación de estaño fino del 48.50%.

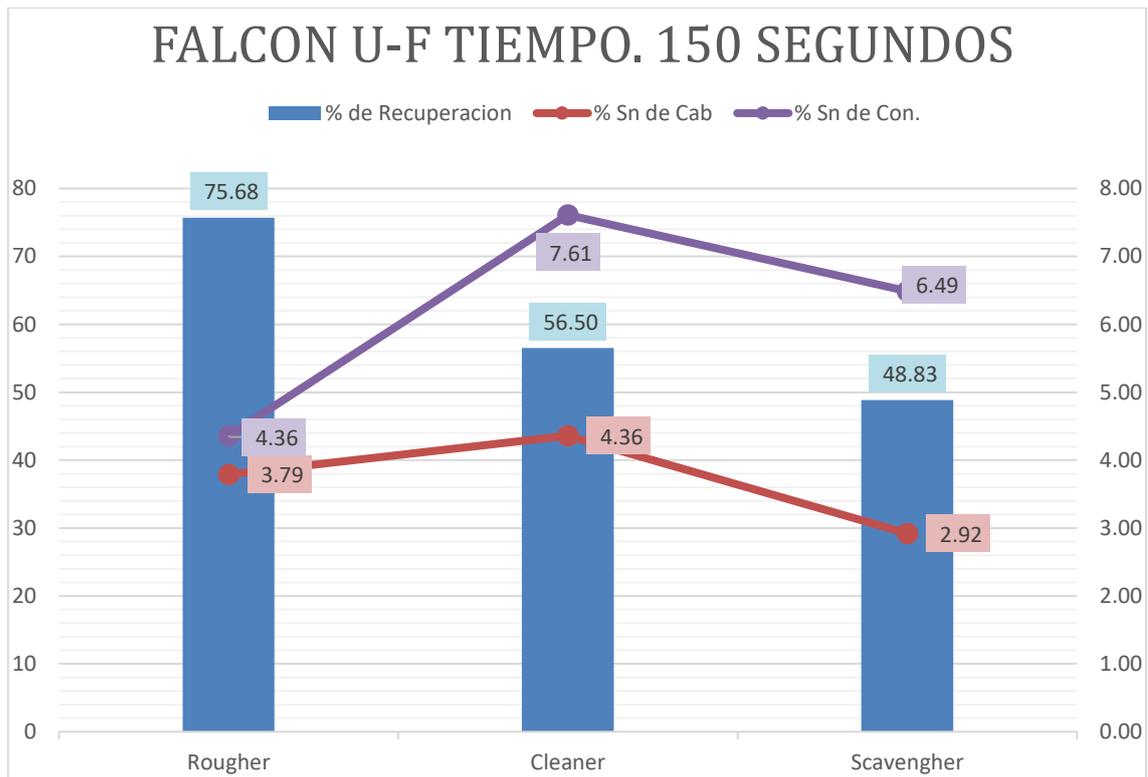


Figura 29. Distribución de tiempo de residencia prueba 4

Al incrementar el tiempo de residencia a 150 segundos en el concentrador Falcon ultra fino 600, según el cuadro se puede observar que el incremento de recuperación es en un 0.08% de recuperación de estaño fino en donde la calidad %Sn de concentrado disminuye en un 0,03% lo cual indica que el concentrado del estaño comienza a disminuir su calidad, es por ello que se concluye con las pruebas porque ya no se genera el aumento de recuperación más a lo contrario comienza a descender.

Tabla 43. Distribución de % de sn en tiempos

TIEMPO	100	110	120	150
%Sn Cabeza	4.36	4.36	4.36	4.36
%Sn Conc.	7.45	7.57	7.64	7.61
%Recup. Sn	51.05	51.99	56.42	56.5

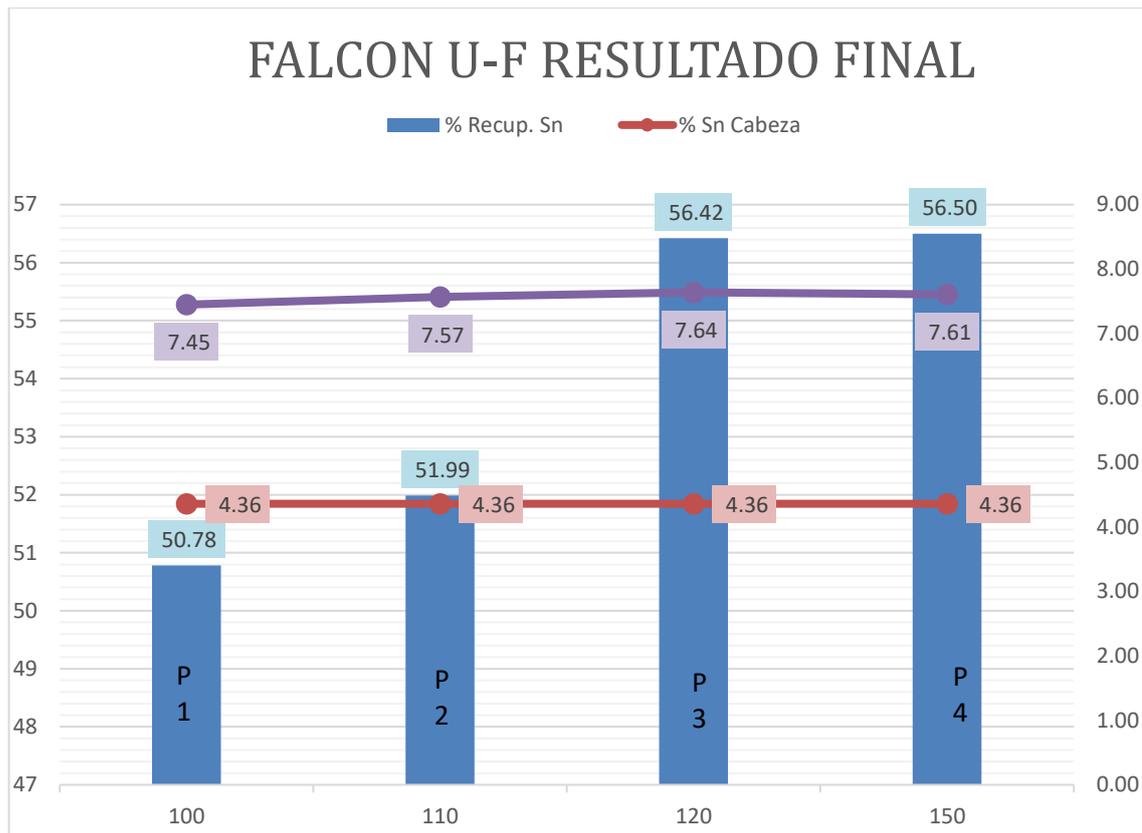


Figura 30. Distribución del cuadro comparativo de P1, P2, P3 y P4.

- Prueba inicial (P1) se tiene con un tiempo de 100 segundos con una granulometría de 15 micras malla -400, con una ley de cabeza de 4.36% de Sn teniendo una calidad 7.45 de % Sn concentrado y se da una recuperación de 50.78 % de recuperación.
- Prueba inicial (P2) se tiene con un tiempo de 110 segundos con una granulometría de 15 micras malla -400, con una ley de cabeza de 4.36% de Sn teniendo una calidad 7.57 de % Sn concentrado y se da una recuperación de 51.99 % de recuperación.
- Prueba inicial (P3) se tiene con un tiempo de 120 segundos con una granulometría de 15 micras malla -400, con una ley de cabeza de 4.36% de Sn teniendo una calidad 7.64 de % Sn concentrado y se da una recuperación de 56.42 % de recuperación.



- Prueba inicial (P4) se tiene con un tiempo de 150 segundos con una granulometría de 15 micras malla -400, con una ley de cabeza de 4.36% de Sn teniendo una calidad 7.61 de % Sn concentrado y se da una recuperación de 56.50 % de recuperación.

Diseño experimental:

Tabla 44. Diseño experimental

Punto	Combinación		% Recuperación Sn
	X ₁	X ₂	
1	-15	-100	50.78
2	22	-100	51.59
3	-15	150	56.42
4	15	150	56.5

Son herramientas fundamentales en la investigación el diseño y análisis de experimentos.

Atributos del diseño de cribado:

Clase de diseño: De Cribado

Nombre del Diseño: Factorial 2²

Nombre del archivo: Diseño Experimental

Comentario: DISEÑO FACTORIAL 2²

Diseño Base:

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 1



Número de respuestas: 1

Número de corridas: 4

Grados de libertad para el error: 0

Aleatorizar: No

Tabla 45. Factores

FACTORES	BAJO	ALTO	UNIDADES	CONTINUO
GRANULOMETRIA	15	22	μ	Sí
TIEMPO	100	150	Seg.	Sí

Tabla 46. Recuperación

Respuestas	Unidades
RECUPERACIÓN	%

Analizar Experimento – RECUPERACIÓN

Tabla 47. Efectos estimados para recuperación

Efectos estimados para RECUPERACIÓN (%)			
Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	55.6306		
A: GRANULOMETRIA	-4.39875		
B: TIEMPO	10.1187		
AB	-3.98125		

No quedan grados de libertad para estimar los errores estándar.

El StatAdvisor: Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. No hay estimado de la variabilidad del muestreo puesto que no hay grados de libertad remanentes para estimar el error experimental.

- (-) La variable de la granulometría está en su punto óptimo y se tiene que trabajar al nivel mínimo.
- (+) La variable del tiempo está en su nivel mínimo para lo cual se tiene que maximizar
- La interacción es negativa por lo tanto no existe interacción.

Tabla 48. Análisis de varianza para recuperación

Análisis de Varianza para RECUPERACIÓN - DISEÑO FACTORIAL 2 ²						
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
A: GRANULOMETRIA	5.00472	1	5.00472	1.23	0.4667	
B: TIEMPO	23.9012	1	23.9012	5.89	0.2488	
Error total	4.05769	1	4.05769			
Total (corr.)	28.1569	3				

- de acuerdo al análisis de varianza no es significativa, pero eso no quiere decir que esta prueba este mal.

Tabla 49. Coeficiente de regresión para la recuperación

COEFICIENTE DE REGRESIÓN PARA LA RECUPERACIÓN - DISEÑO FACTORIAL 2 ²	
Coeficiente	Estimado
constante	42.2661
A: GRANULOMETRIA	-0.378143
B: TIEMPO	0.1546

El StatAdvisor

Esta ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{RECUPERACIÓN} = 42.2661 - 0.378143 \cdot \text{GRANULOMETRIA} + 0.1546 \cdot \text{TIEMPO}$$

Tabla 50. Análisis de residuos

ANALISIS DE RESIDUOS				
Observados				
Fila	Valores	Valores	Residuo	R2
1	50.78	52.054	-1.274	1.623076
2	51.59	50.953	0.637	0.405769
3	56.42	55.146	1.274	1.623076
4	56.5	57.137	-0.637	0.405769
			□□□	4.05769

$$SCMR = \frac{R^2}{M - TM}$$

$$SCMR = \frac{4.0576}{4 - 3} = 4.0576$$

$$F_{\text{tablas}} = F(0.05, 1, 1) = 161$$

$$F_0 = \frac{SCMR}{MS_{\text{ERROR}}} = \frac{4.0576}{4.0576} = 1$$

$$F_0 = 1$$

$$F_0 < F_{\text{tablas}}$$

1 < 161 el modelo es aceptado

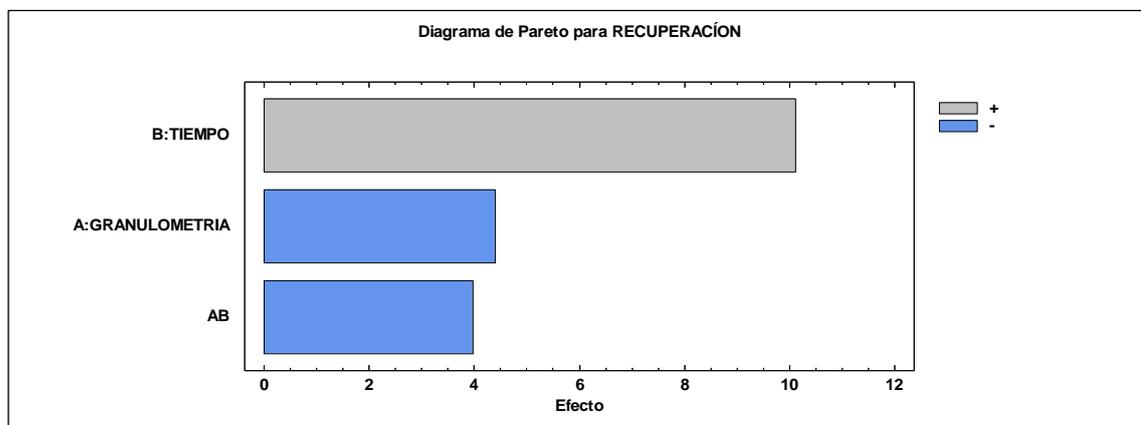
Pendiente ascendente y descendiente

Camino de Máximo Ascenso para RECUPERACIÓN

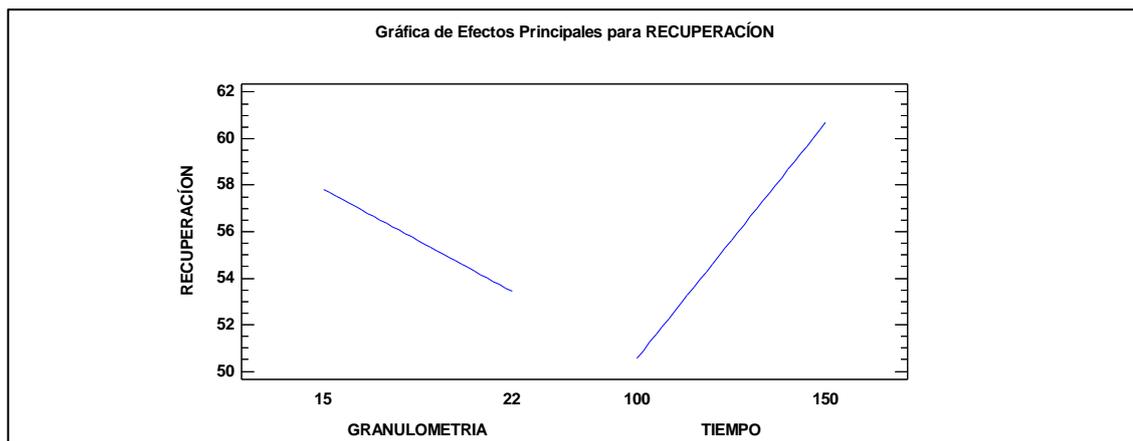
Tabla 51. Granulometría

GRANULOMETRIA	TIEMPO	RECUPERACIÓN
(U)	(Seg.)	(%)
	18.5	54.5955
	17.3015	58.9137
	16.103	63.2319

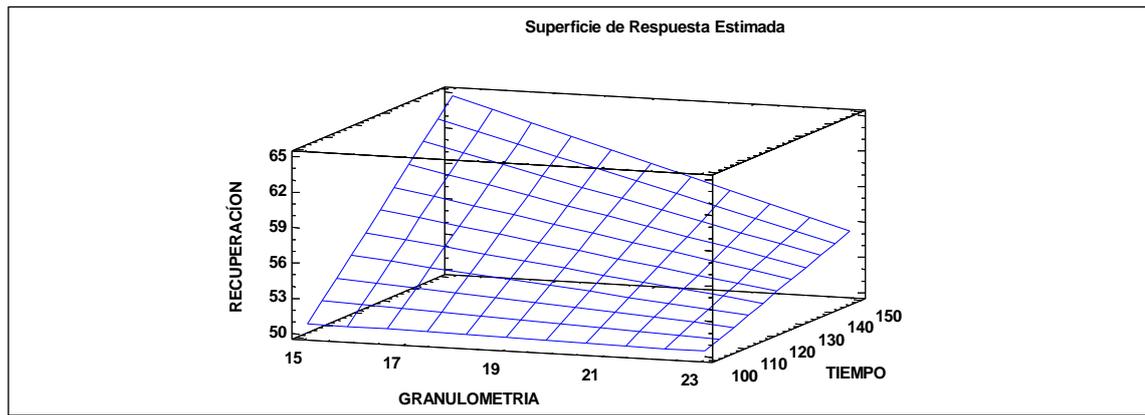
4.2.5 Grafico de pareto de recuperación



De acuerdo al diagrama de Pareto el más significativa es el tiempo



De acuerdo a la gráfica si se aumenta la granulometría disminuye la recuperación por lo que se debe de trabajar cerca al mínimo de la granulometría



De acuerdo a la gráfica se puede observar con una granulometría de 17 y un tiempo de 150 se logra recuperar una recuperación de 58.9%



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Al término de las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio se llega a una recuperación máxima de estaño fino a partir de relaves utilizando el proceso gravimétrico falcón es de 56.42 % demostrándose que se incrementó en 7.6 % de recuperación a una granulometría de 15 micras. Haciendo una comparación con la recuperación a nivel experimental la pendiente ascendiente es de 63.23% con una granulometría de 16 con un tiempo de 175 segundos.

SEGUNDA: Para optimizar el 7.6 % de recuperación de estaño fino a partir de relaves; se inició alimentando la pulpa al concentrador centrífugo gravimétrico falcon con 22 micrones hasta llegar a 15 micrones que es la granulometría óptima.

TERCERA: Para determinar el tiempo óptimo de recuperación, se realizó cuatro pruebas iniciándose la primera prueba a 100, 110, 120 y 150 segundos respectivamente. Se concluye que el tiempo óptimo es de 120 segundos.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Construir la planta con los equipos a nivel industrial y realizar las actividades donde la recuperación sea óptima se recomienda trabajar con un equipo concentrador ultra fino por el ángulo de abertura de los conos en donde a menor ángulo la recuperación es más eficiente debido a que el relave que al ser procesada será ultra fino.

SEGUNDA: Con los equipos de concentrador centrífugos industriales realizar más pruebas metalúrgicas y seguir optimizando los parámetros hasta llegar una óptima recuperación mayor al 56.42% de estaño fino y tomar las variables como la densidad de pulpa y el volumen del agua.

TERCERA: Al realizar las pruebas se observó la presencia de cuarzo en el concentrado final y como consecuencia baja el grado de concentrado y para ello se recomienda realizar estudios y ensayos químicos para disminuir el cuarzo en el proceso de concentración.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, A. C. V. G. (2012). *Hacia una gestión de reactivos y residuos químicos en los laboratorios de docencia en la Escuela de Química en la Universidad Nacional. Uniciencia*. Costa Rica: Red Universidad Nacional de Costa Rica.
- Coello, A. A. (s.f.). *La gestión de la calidad conceptos básicos*. Recuperado el 22 de 5 de 017, de <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento9854.pdf>
- Cruz, R. Q. (2003). *Optimización en la recuperación del estaño en concentrados gravimétricos con el JIG centrifugo KELSEY J1300 en la mina San Rafael - Minsur*. Puno, Perú: Andigraf.
- Florence, G. G. (2014). *La caja de herramientas: Control de calidad*. Grupo editorial Patria.
- Gomez, J. Q. (s.f.). *Optimización a nivel laboratorio del proceso de flotación mediante diseños experimentales de un mineral sulfurado del CIP crucero de la UNA Puno*.
- H., L. (1973). *Tablas matemáticas, fórmulas y curvas de Rinehart*. México: Nueva Editorial Interamericana.
- Hansen, G. P. (1990). *Control de calidad: Teoría y aplicaciones*. Ediciones Diaz de Santos.
- Himmelblau, D. (s.f.). *Análisis y simulación de procesos*.
- Jaime, S. P. (1986). *Dimensionamiento y optimización de plantas concentradoras mediante técnicas de modelación matemática*. Santiago: 219 CIMN.



- Jorge, P. M. (1995). *Optimización por diseños experimentales*. Lima, Perú.
- Jose Sancho, L. F. (1982). *Mtaurgia Extractiva Volumen I*. Madrid, España: Editorial Sinteis.
- Kume, H. (1983). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Norman.
- Luenberger, D. G. (s.f.). *Programación lineal y no lineal*.
- Manzaneda, J. (2000). *Diseño experimental, estadística aplicada*. Lima, Perú: Edición Caceres Lima - Perú.
- Mario, C. (1983). *Principales cálculos metalúrgicos en planas concentradoras de minerales*. UNCP.
- Optimizacion, S. P. (2015).
- Palacios, C. y Severo, A. (s.f.). *Diseño experimental*. Perú: CONCYTEC.
- Paucar, P. A. (s.f.). *Determinación de parámetros de control en el tratamiento de los minerales*. Primera Edición.
- Pleguezuelos, C. (28 de 7 de 2000). *Alteco consultores*. Recuperado el 16 de 04 de 2017, de Alteco consultores: <https://www.aiteco.com/metodologia-mejora-de-procesos/>
- Rizopatron, P. (1990). *Cursos de computación aplicada a la metalurgia*. UNI.
- Verdoy Juan Pablo, M. M. (2006). *Manual de control estadístico de control de calidad: teoría y aplicaciones*. Univeritat Jaue I. Servei de comunicació i Publicacions.
- Vilcapoma, J. Z. C. (2012). *Pruebas experimentales a nivel laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora*



"cazelita" Condorama Cuzco. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú
Huancayo.

Wikipedia la enciclopedia (9 de 12 de 2003). Recuperado el 28 de 1 de 2017, de wikipedia
la enciclopedia :

http://www.ucongreso.edu.ar/grado/carreras/lsi/2006/ele_calsof/MaterialCompleto-ISO9000%20A.pdf



ANEXOS



Anexo 1. Reporte de leyes – Laboratorio químico

N°	DESCRIPCION	CODIGO	LEYES
1	Alimento Rougher	Lab.Metal -18-2226	12.12
2	concentrado Rougher	Lab.Metal -18-2227	20.50
3	Relave Rougher	Lab.Metal -18-2228	5.33
4	Concentrado Cleaner	Lab.Metal -18-2229	30.98
5	Relave Cleaner	Lab.Metal -18-2230	13.77
6	Concentrado Final	Lab.Metal -18-2231	33.10
7	Rougher Alimento prueba N° 1	Lab.Metal -18-2232	3.79
8	Rougher Concentrado prueba N° 1	Lab.Metal -18-2233	4.27
9	Cleaner Relave prueba N° 1	Lab.Metal -18-2234	2.96
10	Cleaner Alimento prueba N° 1	Lab.Metal -18-2235	4.27
11	Cleaner Concentrado prueba N° 1	Lab.Metal -18-2236	7.45
12	Scavenger Concentrado prueba N° 1	Lab.Metal -18-2237	6.49
13	Rougher Relave prueba N° 1	Lab.Metal -18-2238	1.35
14	Scavenger Alimento prueba N° 1	Lab.Metal -18-2239	2.96
15	Scavenger Relave prueba N° 1	Lab.Metal -18-2240	2.67
16	Rougher Alimento prueba N° 2	Lab.Metal -18-1230	3.79
17	Rougher Concentrado prueba N° 2	Lab.Metal -18-1231	4.39
18	Cleaner Relave prueba N° 2	Lab.Metal -18-1232	2.91
19	Cleaner Alimento prueba N° 2	Lab.Metal -18-1233	4.39
20	Cleaner Concentrado prueba N° 2	Lab.Metal -18-1234	7.57
21	Scavenger Concentrado prueba N° 2	Lab.Metal -18-1235	6.45
22	Rougher Relave prueba N° 2	Lab.Metal -18-1236	1.44
23	Scavenger Alimento prueba N° 2	Lab.Metal -18-1237	2.91
24	Scavenger Relave prueba N° 2	Lab.Metal -18-1238	2.37
25	Rougher Alimento prueba N° 3	Lab.Metal -18-1239	3.79
26	Cleaner Relave prueba N° 3	Lab.Metal -18-1240	2.90
27	Cleaner Alimento prueba N° 3	Lab.Metal -18-1241	4.36
28	Cleaner Concentrado prueba N° 3	Lab.Metal -18-1242	7.64
29	Scavenger Concentrado prueba N° 3	Lab.Metal -18-1243	6.45
30	Rougher Relave prueba N° 3	Lab.Metal -18-1244	1.44
31	Scavenger Alimento prueba N° 3	Lab.Metal -18-1245	2.90
32	Scavenger Relave prueba N° 3	Lab.Metal -18-1246	2.37
33	Rougher Concentrado prueba N° 3	Lab.Metal -18-1247	4.36
34	Rougher Alimento prueba N° 4	Lab.Metal -18-0640	3.79
35	Cleaner Alimento prueba N° 4	Lab.Metal -18-0641	4.36
36	Scavenger Alimento prueba N° 4	Lab.Metal -18-0642	2.92
37	Rougher Concentrado prueba N° 4	Lab.Metal -18-0643	4.36
38	Cleaner Concentrado prueba N° 4	Lab.Metal -18-0644	7.61
39	Scavenger Concentrado prueba N° 4	Lab.Metal -18-0645	6.49
40	Rougher Relave prueba N° 4	Lab.Metal -18-0646	1.44
41	Cleaner Relave prueba N° 4	Lab.Metal -18-0647	2.92



42	Scavenger Relave prueba N° 4	Lab.Metal -18-0648	2.47
43	44 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0489	61.71
44	38 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0490	40.34
45	22 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0491	29.47
46	15 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0492	15.06
47	11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0493	11.73
48	<11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0494	10.12
49	75 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0495	1.29
50	53 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0496	11.61
51	44 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0497	55.76
52	38 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0498	51.03
53	22 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0499	41.96
54	15 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0500	28.20
55	11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0501	20.24
56	<11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0502	13.46
57	38 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0503	4.71
58	22 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0504	5.39
59	15 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0505	5.65
60	11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0506	6.59
61	<11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 1	Lab.Metal -18-0507	7.37
62	75 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0676	1.66
63	53 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0677	0.73
64	44 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0678	15.53
65	38 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0679	14.72
66	22 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0680	13.73
67	15 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0681	7.26
68	11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0682	5.25
69	<11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0683	2.47
70	44 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0684	44.15
71	38 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0685	45.30
72	22 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0686	41.79
73	15 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0687	31.45
74	11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0688	20.12
75	<11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0689	10.66
76	75 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0690	0.44
77	53 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0691	2.99
78	44 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0692	3.30
79	38 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0693	4.27
80	22 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0694	4.37
81	15 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0695	3.52
82	11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0696	3.60
83	<11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 2	Lab.Metal -18-0697	2.22
84	44 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0734	23.82
85	38 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0735	29.95
86	22 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0736	37.03



87	15 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0737	23.49
88	11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0738	10.28
89	<11 μ Alimento Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0739	2.87
90	44 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0740	48.06
91	38 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0741	60.64
92	22 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0742	59.88
93	15 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0743	51.59
94	11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0744	35.07
95	<11 μ Concentrado Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0745	10.89
96	44 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0746	10.02
97	38 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0747	12.17
98	22 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0748	14.42
99	15 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0749	6.16
100	11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0750	2.43
101	<11 μ Relave Malla Valorada Prueba N° 3	Lab.Metal -18-0751	1.16



INFORME DE ENSAYOS N° ME 180421-LBQ

EXPERTOS EN LABORATORIOS

Para: Ing. Luis Murazzo / Jefe Laboratorio Metalúrgico UM San Rafael

De: Wilfredo Arteaga Hualí / Supervisión de Operaciones - Minlab.

Muestras: Muestra Especial

Referencia: S/R

Ingreso: 21/04/2018

Reporte: 21/04/2018

Nro muestras: 22

Hora de Ingreso: 08:00:00 a.m.

Hora de Reporte: 05:30:06 p.m.

Nro	Descripción	%Sn	%S
1	Lab.Metal -18-0676	1.66	-
2	Lab.Metal -18-0677	0.73	-
3	Lab.Metal -18-0678	15.53	0.561
4	Lab.Metal -18-0679	14.72	0.678
5	Lab.Metal -18-0680	13.73	0.800
6	Lab.Metal -18-0681	7.26	-
7	Lab.Metal -18-0682	5.25	-
8	Lab.Metal -18-0683	2.47	-
9	Lab.Metal -18-0684	44.15	1.000
10	Lab.Metal -18-0685	45.30	1.030
11	Lab.Metal -18-0686	41.79	0.798
12	Lab.Metal -18-0687	31.45	0.690
13	Lab.Metal -18-0688	20.12	0.586
14	Lab.Metal -18-0689	10.66	0.888
15	Lab.Metal -18-0690	0.44	-
16	Lab.Metal -18-0691	2.99	-
17	Lab.Metal -18-0692	3.30	-
18	Lab.Metal -18-0693	4.27	-
19	Lab.Metal -18-0694	4.37	-
20	Lab.Metal -18-0695	3.52	-
21	Lab.Metal -18-0696	3.60	-
22	Lab.Metal -18-0697	2.22	-
LCM: Limite de cuantificación		0.03%	0.009%

Sn_Volumetría: CRISTHIAN CANAZA

Azfre_LECO: MAGNO T.

Absorción Atómica:

Reportador: Wilfredo Arteaga

1.- CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

Ingresaron un total de muestras en sobres aparentemente secas

2.- ESQUEMA Y METODO :

PETS-SR-MINLAB-005 Determinación de Estaño por volumetría (yodimetría)

PETS-SR-MINLAB-006 Determinación de Impurezas por ataque total.

PETS-SR-MINLAB-012 Determinación de azufre por combustión.

Observaciones

NINGUNO

F-SR-MINLAB-35

LAB SYSTEM 10

Wilfredo Arteaga Hualí

CIP 158393

Supervisor de Operaciones - Minlab



EXPERTOS EN LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYOS N° ME 183007-LBQ

Para: Ing. Luis Murazzo / Jefe Laboratorio Metalúrgico UM San Rafael

De: Wilfredo Arteaga Hualí / Supervisión de Operaciones - Minlab.

Muestras: Muestra Especial PB2

Referencia: S/R

Ingreso: 25/07/2018

Reporte: 30/07/2018

Nro muestras: 18

Hora de Ingreso: 10:30:10

Hora de Reporte: 07:00:01 p.m.

Nro	Descripción	%Sn	%S
1	Lab.Metal -18-1230	3.79	-
2	Lab.Metal -18-1231	4.39	-
3	Lab.Metal -18-1232	2.91	-
4	Lab.Metal -18-1233	4.39	-
5	Lab.Metal -18-1234	7.57	-
6	Lab.Metal -18-1235	6.45	-
7	Lab.Metal -18-1236	1.44	-
8	Lab.Metal -18-1237	2.91	-
9	Lab.Metal -18-1238	2.37	-
10	Lab.Metal -18-1239	3.79	-
11	Lab.Metal -18-1240	2.90	-
12	Lab.Metal -18-1241	4.36	-
13	Lab.Metal -18-1242	7.64	-
14	Lab.Metal -18-1243	6.45	-
15	Lab.Metal -18-1244	1.44	-
16	Lab.Metal -18-1245	2.90	-
17	Lab.Metal -18-1246	2.37	-
18	Lab.Metal -18-1247	4.36	-
LCM : Límite de cuantificación		0.03%	0.009%

Sn_Volumetría: HANNA P. ESPINOZA BELTRAN

Azufre_LECO: ROBERT CHICAHUARI

Absorción Atómica:

Reportador: Wilfredo Arteaga

1.- CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

Ingresaron un total de 18 muestras en sobres aparentemente secas

2.- ESQUEMA Y METODO :

PETS-SR-MINLAB-005 Determinación de Estaño por volumetría (yodimetría)

PETS-SR-MINLAB-006 Determinación de Impurezas por ataque total.

PETS-SR-MINLAB-012 Determinación de azufre por combustión.

Observaciones

NINGUNO

F-SR-MINLAB-35

LAB SYSTEM 10

Wilfredo Arteaga Hualí
CIP 158393
Supervisor de Operaciones - Minlab



EXPERTOS EN LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYOS N° ME 180522-LBQ

Para: Ing. Luis Murazzo / Jefe Laboratorio Metalúrgico UM San Rafael

De: Wilfredo Arteaga Huali / Supervisión de Operaciones - Minlab.

Muestras: Muestra Especial

Referencia: S/R

Ingreso: 22/05/2018

Reporte: 22/05/2018

Nro muestras: 18

Hora de Ingreso: 09:00:00 a.m.

Hora de Reporte: 05:10:02 p.m.

Nro	Descripción	%Sn	%S
1	Lab.Metal -18-0734	23.82	1.023
2	Lab.Metal -18-0735	29.95	1.039
3	Lab.Metal -18-0736	37.03	1.051
4	Lab.Metal -18-0737	23.49	1.079
5	Lab.Metal -18-0738	10.28	-
6	Lab.Metal -18-0739	2.87	-
7	Lab.Metal -18-0740	48.06	1.056
8	Lab.Metal -18-0741	60.64	1.043
9	Lab.Metal -18-0742	59.88	1.098
10	Lab.Metal -18-0743	51.59	1.023
11	Lab.Metal -18-0744	35.07	1.200
12	Lab.Metal -18-0745	10.89	-
13	Lab.Metal -18-0746	10.02	-
14	Lab.Metal -18-0747	12.17	1.023
15	Lab.Metal -18-0748	14.42	1.009
16	Lab.Metal -18-0749	6.16	-
17	Lab.Metal -18-0750	2.43	-
18	Lab.Metal -18-0751	1.16	-
LCM : Límite de cuantificación		0.03%	0.009%

Sn_Volumetría: CRISTHIAN CANAZA

Azufre_LECO: MAGNO T.

Absorción Atómica:

Reportador: Wilfredo Arteaga

1.- CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

Ingresaron un total de muestras en sobres aparentemente secas

2.- ESQUEMA Y METODO :

PETS-SR-MINLAB-005 Determinación de Estaño por volumetría (yodimetría)

PETS-SR-MINLAB-006 Determinación de Impurezas por ataque total.

PETS-SR-MINLAB-012 Determinación de azufre por combustión.

Observaciones

NINGUNO

F-SR-MINLAB-35

LAB SYSTEM 10

Wilfredo Arteaga Huali

CIP 158393

Supervisor de Operaciones - Minlab



INFORME DE ENSAYOS Nº ME 180623-LBQ

EXPERTOS EN LABORATORIOS

Para: Ing. Luis Murazzo / Jefe Laboratorio Metalúrgico UM San Rafael

De: Wilfredo Arteaga Hualí / Supervisión de Operaciones - Minlab.

Muestras: Muestra Especial

Referencia: S/R

Ingreso: 23/06/2018

Reporte: 24/06/2018

Nro muestras: 9

Hora de Ingreso: 03:00:05 p.m.

Hora de Reporte: 12:00:12 p.m.

Nro	Descripción	%Sn	%S
1	Lab.Metal -18-0640	3.79	-
2	Lab.Metal -18-0641	4.36	-
3	Lab.Metal -18-0642	2.92	-
4	Lab.Metal -18-0643	4.36	-
5	Lab.Metal -18-0644	7.61	-
6	Lab.Metal -18-0645	6.49	-
7	Lab.Metal -18-0646	1.44	-
8	Lab.Metal -18-0647	2.92	-
9	Lab.Metal -18-0648	2.47	-
LCM: Límite de cuantificación		0.03%	0.009%

Sn_Volumetría: CRISTHIAN CANAZA

Azufre_LECO: MAGNO T.

Absorción Atómica:

Reportador: Wilfredo Arteaga

1.- CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

Ingresaron un total de muestras en sobres aparentemente secas

2.- ESQUEMA Y METODO :

PETS-SR-MINLAB-005 Determinación de Estaño por volumetría (yodimetría)

PETS-SR-MINLAB-006 Determinación de Impurezas por ataque total.

PETS-SR-MINLAB-012 Determinación de azufre por combustión.

Observaciones

NINGUNO

F-SR-MINLAB-35

LAB SYSTEM 10

Wilfredo Arteaga Hualí

CIP 158393

Supervisor de Operaciones - Minlab



INFORME DE ENSAYOS Nº ME 180825-LBQ

EXPERTOS EN LABORATORIOS

Para: Ing. Luis Murazzo / Jefe Laboratorio Metalúrgico UM San Rafael

De: Wilfredo Arteaga Hualí / Supervisión de Operaciones - Minlab.

Muestras: Muestra Especial

Referencia: S/R

Ingreso: 25/08/2018

Reporte: 26/08/2018

Nro muestras:

Hora de Ingreso: 11:00:00 a.m.

Hora de Reporte: 09:01:00 a.m.

Nro	Descripción	%Sn	%S
1	Lab.Metal -18-0875	6.89	1.080
2	Lab.Metal -18-0876	26.53	1.020
3	Lab.Metal -18-0877	14.60	1.000
LCM : Límite de cuantificación		0.03%	0.009%

Sn_Volumetría: CRISTHIAN CANAZA

Azufre_LECO: MAGNO T.

Absorción Atómica:

Reportador: Wilfredo Arteaga

1.- CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

Ingresaron un total de 3 muestras en sobres aparentemente secas

2.- ESQUEMA Y METODO :

PETS-SR-MINLAB-005 Determinación de Estaño por volumetría (yodimetría)

PETS-SR-MINLAB-006 Determinación de Impurezas por ataque total.

PETS-SR-MINLAB-012 Determinación de azufre por combustión.

Observaciones

NINGUNO

F-SR-MINLAB-35

LAB SYSTEM 10

Wilfredo Arteaga Hualí

CIP 158393

Supervisor de Operaciones - Minlab

Anexo 2. Panel de fotografías



Figura 31. Muestreo de muestra para planta piloto



Figura 32. Verificación del falcón



Figura 33. Determinación de gravedad específica realizada a las muestras de muestreo general



Figura 34. secado de muestras



Figura 35. Muestras de pruebas en uf-600 para llevar al laboratorio



Figura 36. Cuarteo de muestras



Figura 37. Verificación de los puntos de muestreo.



Figura 38. Se inicia con el cuarteo de las muestras para poder homogenizar



Figura 39. Cancha de Relave



Figura 40. Mallas o tamices



Figura 41. Rotpad

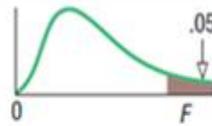


Figura 42. Deslamador



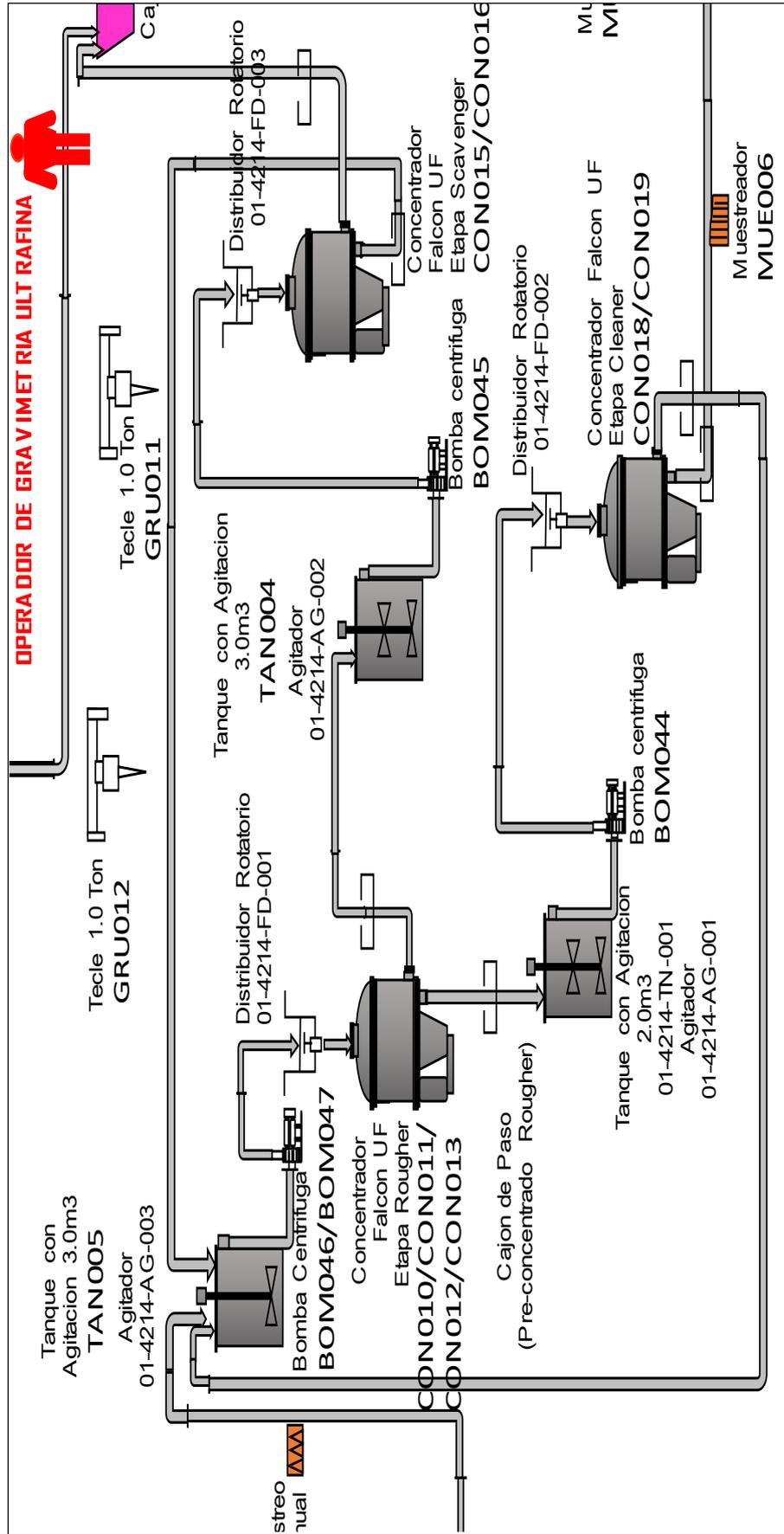
Figura 43. Deslamador Concentrador falcón a nivel laboratorio

Anexo 3. Grados de libertad



	Grados de libertad en el numerador																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	
Grados de libertad en el denominador	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	

Anexo 4. FLOWSHEET PB2





Anexo 5. Hoja de seguridad de CHEMLOK2020



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Sección 1 - Identificación del Producto y de la Compañía

NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO: CHEMLOK2020
APLICACIÓN: FLOCULANTE
DESCRIPCIÓN QUÍMICA: Polímero
IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA: Quimtia S.A.
Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro
San Isidro - Lima - Perú
CLASIFICACIÓN NFPA 704M/HMIS
SALUD : 0 / 1 INFLAMABILIDAD : 1 / 1 REACTIVIDAD : 0 / 0 OTROS :
0 = Insignificante 1 = Leve 2 = Moderado 3 = Alto 4 = Extremo

Sección 2 - Composición/Información sobre los Ingredientes

Nombre del Ingrediente: ACRILAMIDA, POLIMEROS.
(POLIACRILAMIDA) Número del CAS del Ingrediente: 9003-05-8

Sección 3 – Identificación de Peligros, Incluyendo descripción de Emergencia CHEMLOK 2020

DESCRIPCIÓN DE EMERGENCIA

PRECAUCIÓN

Puede causar irritación en caso de contacto prolongado.

No poner en los ojos, la piel y la ropa. No ingerir. No respirar el polvo. Usar con ventilación adecuada. En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con mucha agua y consulte a un médico. Después de un contacto con la piel, lávese inmediatamente con mucha agua. Usar indumentaria de protección adecuada.

Puede emitir óxidos de carbono (COx) en caso de incendio. Puede emitir óxidos de nitrógeno (NOx) en caso de incendio.

VIAS PRIMARIAS DE EXPOSICIÓN :

Ojo, Piel

PELIGROS INMEDIATOS PARA LA SALUD HUMANA:

CONTACTO CON LOS OJOS :

Puede causar irritación en caso de contacto prolongado.

CONTACTO CON LA PIEL :

Puede causar irritación en caso de contacto prolongado.

INGESTIÓN :

No es una ruta probable de exposición. No se esperan efectos adversos. INHALACIÓN :

La exposición repetida o prolongada puede irritar el tracto respiratorio. SÍNTOMAS DE EXPOSICIÓN :

Agudo :

Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debidos a la exposición previamente no mencionados.

Quimtia S.A.

Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro. Teléfono.: (511) 630 6500 Fax: (511) 630 6501



Crónico:

Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debidos a la exposición previamente no mencionados.

AGRAVAMIENTO DE LAS CONDICIONES EXISTENTES:

Una revisión de los datos disponibles no registra un empeoramiento de las condiciones existentes.

Sección 4 – Medidas de Primeros Auxilios CHEMLOK 2020

CONTACTO CON LOS OJOS:

Lavar el área afectada con agua. Si los síntomas persisten, llamar a un médico. **CONTACTO CON LA PIEL:**

Quitarse la ropa contaminada. Lávese inmediatamente el área afectada con mucha agua. Si los síntomas persisten, llamar a un médico.

INGESTIÓN

No provocar vómito sin consejo médico. Si está consciente, lavar la boca y dar de beber 1 ó 2 vasos de agua. Si los síntomas persisten, llamar a un médico.

INHALACIÓN:

Llévelo al aire fresco, reposar, y tratar sintomáticamente. Si los síntomas persisten, llamar a un médico. **NOTA PARA EL MEDICO:**

Basado en la reacción individual del paciente, se debe seguir el criterio médico para controlar los síntomas y la situación clínica.

Sección 5 – Medidas para Combatir el Fuego CHEMLOK 2020

Procedimiento para Combatir el Fuego:

LLEVAR EQUIPO PROTECTOR SCBA APROBADO POR NIOSH/MSHA.

Peligro Inusual de Fuego o Explosión:
NO CONOCIDOS.

Medios de Extinción:

AGUA, CO2, POLVO QUIMICO SECO.

Punto de Inflamación: NO APLICABLE

Temperatura de Autoignición: N/A

Limites más Bajos(s): N/A

Limites Superiores(s): N/A

Sección 6 – Medidas en caso de Derrame CHEMLOK 2020

PRECAUCIONES PERSONALES: Notificar a las autoridades correspondientes gubernamentales de salud ocupacional, seguridad y de medio ambiente. No tocar el material derramado. Detener o reducir cualquier fuga siempre y cuando que no sea peligroso. Utilice equipo de protección personal recomendado en la Sección 8.

Quimtia S.A.

Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro. Teléfono.: (511) 630 6500 Fax: (511) 630 6501



MÉTODOS DE LIMPIEZA:

Remover la mayor cantidad posible con una escoba, pala o aspiradora ya que la adición de agua deja al piso en condición resbaladiza. Desechar el material de acuerdo con los reglamentos indicados en la Sección

13 (Consideraciones para Desecho).

PRECAUCIONES DEL MEDIO AMBIENTE:

Este producto es tóxico para los peces. No se debe tirar directamente en los lagos, estanques, corrientes, canales o redes públicas de agua.

Sección 7 – Manipulación Y Almacenaje CHEMLOK 2020

MANIPULACIÓN:

No ingerir. Tener al alcance equipo de emergencia (para incendios, derrames, goteos, etc.). Asegurarse de que todos los contenedores estén etiquetados. Evitar el contacto con piel y ojos.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:

Almacenar lejos de oxidantes. Almacenar en lugar seco y

fresco. MATERIALES INADECUADOS DE CONSTRUCCIÓN:

La compatibilidad con materiales plásticos puede variar. Por lo tanto, recomendamos probar la compatibilidad antes de utilizar el producto

Sección 8 – Controles Y Protección Personal Para La Exposición CHEMLOK 2020

Protección Respiratoria:

SI ES NECESARIO. RESPIRADOR APROBADO POR NIOSH/MSHA APROPIADO PARA LA EXPOSICIÓN.

Ventilación: Extractor

local. Guantes

Protectores:

GUANTES IMPERMEABLES.

Protección de los Ojos: ANTEOJOS DE SEGURIDAD PARA PRODUCTOS QUÍMICOS DEL ANSI

APPR Otros Equipos de Protección: NO APLICABLE

Prácticas de Higiene en el Trabajo: UNA BUENA HIGIENE DEBE SER PRACTICADA.

Información Adicional para la Salud y la Seguridad: NINGUNA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE.

Sección 9 - Propiedades Físicas y Químicas CHEMLOK 2020

FORMA Polvo

APARIENCIA Blanco

OLOR Ligero

SOLUBILIDAD (EN AGUA) Completamente soluble pH (1 %) 5.0 - 8.0

VISCOSIDAD < 3,200 cps @ 77 °F / 25 °C

CONTENIDO DE VOC (Carbono Orgánico Volátil) 0.07 %

Nota: Estas propiedades físicas son valores típicos para este producto y

están sujetas a cambio.

Quimtia S.A.

Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro. Teléfono.: (511) 630 6500 Fax: (511) 630 6501



Sección 10 – Datos de la Estabilidad y de la Reactividad CHEMLOK 2020

Materiales a Evitar: AGENTES OXIDANTES
FUERTES Condiciones de Estabilidad a Evitar: NO
APLICABLE Productos Peligrosos de la
Descomposición:
CO, CO₂, AMONIACO Y/O ÓXIDO DE NITRÓGENO.
Indicadores Peligrosos de la Polimerización: NO
Condiciones que deben evitarse: HUMEDAD

Sección 11 - Información Toxicológica CHEMLOK 2020

TOXICIDAD ORAL AGUDA:
Especies LD50 Sustancia examinada
Rata >2.000 mg/kg Producto
IRRITACIÓN PRIMARIA DE LA PIEL : No irritante
IRRITACIÓN PRIMARIA DE LOS OJOS : No irritante
CARCINOGENESIS:
Ninguno de los componentes del producto figura como cancerígeno en la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer), en el Programa Nacional de Toxicología (NTP, National Toxicology Program), o en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Sección 12 – Información Ecológica CHEMLOK 2020

EFFECTOS TÓXICOS EN EL ECOSISTEMA : Los siguientes resultados son para el producto. RESULTADOS DE TOXICIDAD AGUDA EN PECES : Especies Tiempo de exposición
LC50 Sustancia examinada
Trucha arcoiris
(*Oncorhynchus mykiss*)
96 hrs 318 mg/l Producto
RESULTADOS DE TOXICIDAD AGUDA EN INVERTEBRADOS :
Especies Tiempo de exposición
LC50 EC50 Sustancia examinada
Pulga de agua (*Daphnia magna*)
48 hrs 369 mg/l Producto
POTENCIAL DE BIOACUMULACION
Se espera que este preparado o material no genere bioacumulación.
Si se emite al medio ambiente, ver CERCLA/SUPERFUND en la sección 15.

Sección 13 – Consideraciones para el desecho CHEMLOK 2020

PRODUCTO: La disposición de este material deberá ser realizada en conformidad con las Leyes Federales, Estatales y Municipales en vigencia. En caso de ser necesario consulte con su oficina de control ambiental.
RESTO DEL PRODUCTO: La disposición de este material deberá ser realizada en conformidad con las Leyes Federales, Estatales y Municipales en vigencia. En caso de ser necesario consulte con su oficina de control ambiental.



PAQUETES/ENVASES USADOS: La disposición de este material deberá ser realizada en conformidad con las Leyes Federales, Estatales y Municipales en vigencia. En caso de ser necesario consulte con su oficina de control ambiental.

Sección 14 – Información del Transporte de CHEMLOK 2020

Información Del Transporte:
N/P

Sección 15 - Información Reguladora CHEMLOK 2020

REGLAMENTOS NACIONALES, E.U.A. :
CERCLA/SUPERFUND, 40 CFR 117, 302

No se requiere notificar derrames de este producto.

LEY DE ENMIENDAS Y REAUTORIZACIÓN DEL SUPERFUND DE 1986 (TITULO III) - SECCIONES 302, 311, 312, Y 313

SECCIÓN 302 - SUSTANCIAS EXTREMADAMENTE PELIGROSAS (40 CFR 355) :

Este producto no contiene ingredientes listados en los apéndices A y B como sustancias extremadamente peligrosas.

SECCIONES 311 Y 312 - REQUISITOS DE LA HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (40 CFR 370) :
Nuestra evaluación del peligro ha encontrado que este producto no es peligroso según OSHA 29 CFR 1910.1200.

Bajo SARA 311 y 312, la EPA ha establecido cantidades límites para el reporte de productos químicos peligrosos.

Los límites actuales son: 227 kg (500 lb) o bien la cantidad límite planificada (TPQ, threshold planning quantity), cualquiera que sea menor, para sustancias extremadamente peligrosas, y 4,536 kg (10,000 lb) para todos los otros productos químicos peligrosos.

SECCIÓN 313 - LISTA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS TÓXICAS (40 CFR 372) :

Este producto no contiene ingredientes tóxicos según la Lista de Sustancias Químicas Tóxicas. LEY DE CONTROL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS TÓXICAS (TSCA) :

Los ingredientes químicos de este producto figuran en el punto 8(b) del inventario TSCA (Inventory List) (49 CFR 710) o son vendidas comercialmente bajo la excepción de polímeros (40 CFR 723.250).

LEY FEDERAL DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, LEY DE AGUA LIMPIA, 40 CFR 401.15 / anteriormente sección 307, 40 CFR 116.4 / anteriormente sección 311

: Ninguno de los ingredientes figura específicamente en la reglamentación.

LEY DEL AIRE LIMPIO, Sec. 112 (40 CFR 61, Contaminantes peligrosos del aire); Sec. 602 (40 CFR 82, Sustancias Clase I y II que dañan la capa de ozono) :

Ninguno de los ingredientes figura específicamente en la reglamentación. PROPOSICIÓN 65 DE CALIFORNIA :

Sustancias conocidas en el estado de California como causantes de cáncer están presentes como impureza o como residuo.

MATERIALES CRÍTICOS, MICHIGAN :

Ninguno de los ingredientes figura específicamente en la reglamentación.

LEYES ESTATALES SOBRE EL DERECHO A SABER : Ninguno de los ingredientes figura específicamente en la reglamentación.

Quimtia S.A.

Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro, Teléfono. (511) 630 6500 Fax: (511) 630 6501



Section 16 – Otra Información CHEMLOK 2020

Esta hoja de datos de seguridad proporciona información de salud y seguridad. El producto debe ser usado en aplicaciones consistentes con nuestra bibliografía del producto. Los individuos que manejen este producto, deben ser informados de las precauciones de seguridad recomendadas y deben tener acceso a esta información. Para cualquier otro uso, se debe evaluar la exposición de forma tal que se puedan implementar prácticas apropiadas de manipulación y programas de entrenamiento para asegurar operaciones seguras en el lugar de trabajo. Consulte a su representante local de ventas para más información.

REFERENCIAS

Valores límites de umbral para las sustancias químicas y los índices físicos del agente y biológicos de la exposición, Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, OH., (versión del CD-ROM de Ariel Insight), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Banco de datos de sustancias peligrosas, biblioteca nacional de la medicina, Bethesda, Maryland (versión del CDROM de TOMOS CPS), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Sistema de información integrado de riesgo, Agencia de Protección del Medio Ambiente de E.U.A, Washington, D.C. (versión del CD-ROM de TOMES CPS), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Informe anual sobre agentes carcinógenos, Programa Nacional de Toxicología, E.U.A. Departamento de Salud y Servicios Humanos, servicio médico público.

Código del título 29 de Regulaciones Federales, parte 1910, subparte Z, de las sustancias tóxicas y peligrosas, Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), (versión del CD-ROM de Ariel Insight), Ariel Research Corp., Bethesda MD.

Registro de efectos tóxicos de sustancias químicas, Instituto Nacional para Seguridad Ocupacional y Salud, Cincinnati, OH, (versión del CD-ROM de TOMES CPS), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Ariel Insight (Una guía integrada a los productos químicos industriales cubiertos bajo programas reguladores y consultivos importantes), módulo norteamericano, módulo de europa occidental, módulo de inventarios químicos y módulo de genéricos (versión del CD-ROM de Ariel Insight), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Sistema de información de teratógenos, Universidad de Washington, Seattle, WA (versión del CD-ROM de TOMES CPS), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

PREPARADO POR: DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS – QUIMTIA S.A. FECHA:
12/04/2011

Quimtia S.A.

Calle Dean Valdivia 148 Oficina 601 San Isidro. Teléfono.: (511) 630 6500 Fax: (511) 630 6501



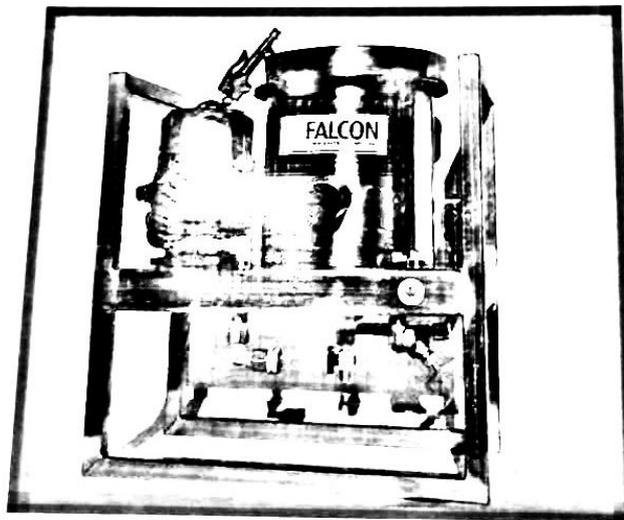
Anexo 6. Manual de equipo Falcón

L40R3 0 - LENZE

Operations and Maintenance Manual



OPERATIONS AND MAINTENANCE MANUAL



FALCON SEMI-BATCH CONCENTRATOR LABORATORY MODEL L40 (with Lenze AC Tech Motor Drive)

Sepron Mineral Systems

L40R3 0 LENZE

2. Specifications

(Specifications subject to change without notice)

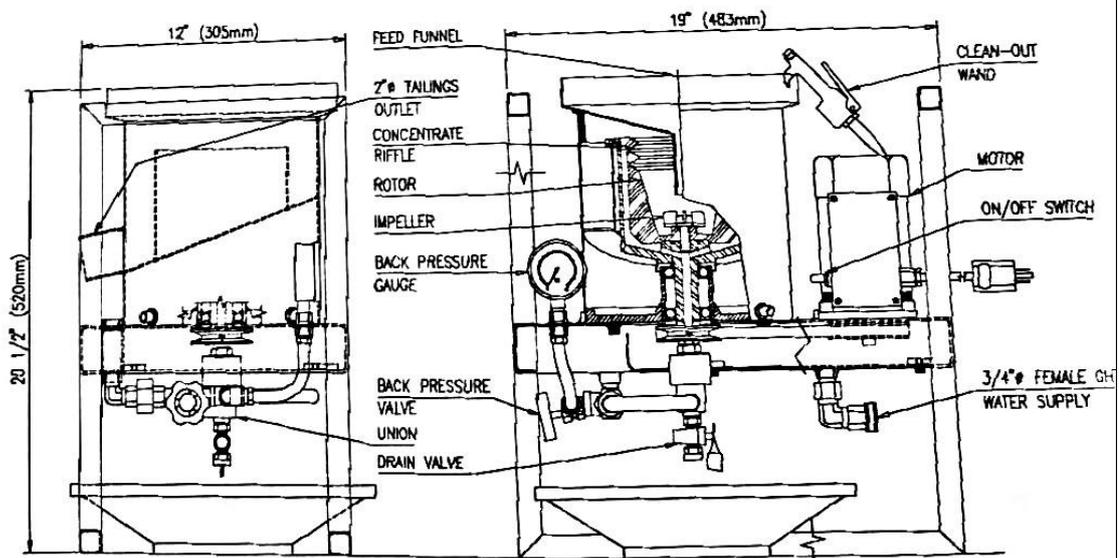
2.1 L40

The **Model L40** is specifically designed for laboratory test work, small ore samples or concentrate cleaning and can be used for testing of both SB and C applications. The design and materials of construction have been carefully selected to minimize the possibility of contamination between samples.

Feed Capacity	0-660 lb/hr (0-300 kg/hr) Solids (depending on material)
Maximum Feed Density	75% solids by weight, 55% recommended
Particle Size	Minus #12 mesh (1.7 mm)
Typical Fluidization Water Requirement	1 - 5 USgpm (4 - 20 lpm) - depending on material
Concentrate Volume	4.0 in ³ (65 ml)
Concentrate Weight	0.15 - 0.30 lbs (0.07 - 0.15 kg)
Concentrator Drive	1/2 HP (360 watt) (Input - 220VAC/1Ø/50/60Hz)
Centrifugal Field	0 - 300 G's
Concentrator Net Weight	65 lbs (32 kg)
Shipping Weight/Dimensions	70 lbs (43 kg) - Approx 19"L x 12"W x 22"H

Patented in Canada (No. 1255642), USA (No. 4824431 and No. 5462513) and other countries. Other patents pending.

2.2 Machine Description

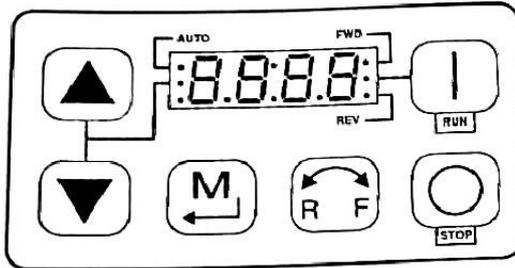


Sepro Mineral Systems

2.3 VFD

The VFD is set up at the factory to a factory default of 220 Ø VAC or 110 Ø VAC (depending on customer order, but this can be changed). Consult the LENZE® VFD Manual and Drawings for complete instructions.

2.4 LENZE Setup

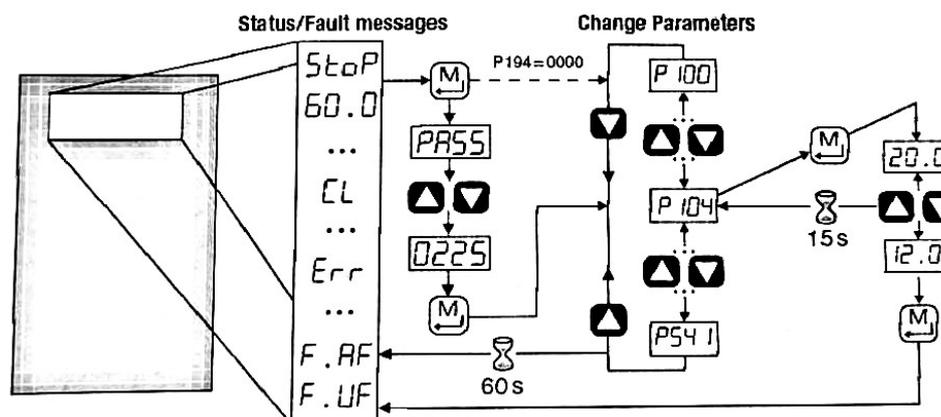


	START BUTTON In Local Mode (P100 = 0, 4, 6), this button will start the drive.
	STOP BUTTON Stops the drive, regardless of which mode the drive is in. WARNING! When JOG is active, the STOP button will not stop the drive!
	ROTATION In Local Mode (P100 = 0, 4, 6), this selects the motor rotation direction: - The LED for the present rotation direction (FWD or REV) will be on - Press R/F; the LED for the opposite rotation direction will blink - Press M within 4 seconds to confirm the change - The blinking direction LED will turn on, and the other LED will turn off When rotation direction is changed while the drive is running, the commanded direction LED will blink until the drive is controlling the motor in the selected direction.
	MODE Used to enter/exit the Parameter Menu when programming the drive and to enter a changed parameter value.
	UP AND DOWN BUTTONS Used for programming and can also be used as a reference for speed, PID setpoint, or torque setpoint. When the ▲ and ▼ buttons are the active reference, the middle LED on the left side of the display will be on.

Default Falcon factory settings:

PARAMETER	Setting	DESCRIPTION
P100	0	Use RUN button on front of drive to start
P101	0	Keypad
P102	0.0	Minimum Frequency
P103	80.0	Maximum Frequency
P104	5.0	Acceleration Time 1
P105	5.0	Deceleration Time 1
P111	2	Ramp (stop method)
P167	50.0/60.0	Base Frequency
P168	2.0	Fixed Boost
P169	2.0	Accel Boost
P302	TBD	Motor Rated Voltage
P303	TBD	Motor Rated Current
P304	TBD	Motor Rated Frequency
P305	1750	Motor Rated Speed

Lenze® Parameter Setting



To start the concentrator and / or change G-Force:

- Turn on POWER
- Refer to Falcon data sheet: RPM vs. 'G's
- Choose the desired 'G' Force and set run speed (in Hz.) accordingly.
- Press **M** and then using arrow keys set 225.
- Press **M** again and then using arrow keys set **P103 (Run Speed)**.
- Press **M** again and then using arrow keys select frequency.
- Press **M** again.
- Press start.



2.5 RPM vs. G's

FALCON DATA SHEET:

SEPARATION "G" FORCE

Concentrator Model:	L40-VFD
Rotor Diameter:	4.00 INCHES
Motor Frequency:	60 Hz
Motor Speed:	1750 RPM
Motor Sheave PD:	2.80 INCHES
Rotor Sheave PD:	2.80 INCHES

Max. Rotor Speed: 2400 RPM

AUTOPAC Hz	MOTOR RPM	ROTOR RPM	ACCELERATION "G"
20	583	583	20
25	729	729	31
30	875	875	44
35	1021	1021	60
40	1167	1167	78
45	1313	1313	99
50	1458	1458	123
55	1604	1604	148
60	1750	1750	176
46.66	1361	1361	107
52.15	1521	1521	133
55.33	1614	1614	150
59.76	1743	1743	175
63.89	1863	1863	200
67.76	1976	1976	225
71.43	2083	2083	250
74.91	2185	2185	275
78.25	2282	2282	300

Note: Speeds given are theoretical calculated values and do not take into account possible slippage of motor belts. For a more accurate determination measure actual rotor speed.

Running motor at excessively low speeds for long periods may cause overheating and premature failure.



3. Operating

3.1 Recommended Operating Parameters

The Falcon model L40 concentrator takes advantage of the difference in specific gravity between heavier target particles and lighter gangue particles to effect a separation. A slurry stream is directed into a rotor turning at sufficient RPM to impart up to 300 G's to the material being processed. This centrifugal force magnifies the difference in specific gravity (SG) and the rotor geometry facilitates retention of gold or heavy particles in preference to lower SG particles that are rejected with the process water.

Fluidization (back-pressure) water is injected between the riffle rings in the top part of the rotor from behind to allow heavy particles to migrate into the upgrading concentrate retention zone (the fluidization water is minimal for 'C' tests). At the end of the test or at predetermined intervals when the feed slurry is discontinued the rotor is stopped and concentrates are collected. Optimum separation performance is achieved when high specific gravity target particles and low specific gravity gangue particles are relatively the same size and liberated from each other (i.e., few middling particles of intermediate SG).

Process Selection

Falcon 'SB' Batch Test	Falcon 'C' Simulation
<ul style="list-style-type: none"> Recovery of free gold, silver or platinum from process streams. Samples are usually from the milling circuit. 	<ul style="list-style-type: none"> Recovery of metals and minerals from process streams. Samples are usually from tailing or feed streams i.e. scavenging or pre-concentrating.
Test:	Test:
<ul style="list-style-type: none"> 10kg of sample. Single pass test. Assay tail and complete concentrate and back calculate the feed. 	<ul style="list-style-type: none"> 1kg of sample. Three-pass test. Assay final tail, all three concentrates and back calculate the feed. Results yield a grade/recovery curve that incorporates mass-pull. Concentration ratio of combined concentrate should not exceed 4:1.

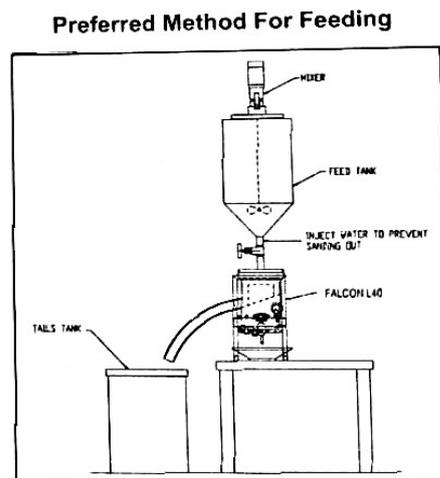
The operating parameters for the L40 are very material specific. The factors that affect feed rate and feed density are a function of the ability of the bowl to 'pump' the material up to the elutriated zone. 'Packing' of the bowl is caused by a number of factors, but generally it is an indication of the pulp density being too high for a given material or the feed rate being too high. The fluidization water flowrate is best determined by inspecting the concentrate retained in the riffles of the bowl after a set-up test. The concentrate should not be packed hard but should just start to slump out of the lower riffle. A typical concentrate mass will be in the order of 80 to 100 grams.

L40R3.0 LENZE

3.2 Standard Operating Procedure

Note: The specific application being tested may warrant small changes to this Standard Operating Procedure.

1. Connect water supply to concentrator. Connect yellow power cord from Variable Frequency Drive (VFD) to the motor (if not already plugged in). Plug black power cord into power supply (check voltage!).
2. Ensure unit is cleaned of old samples and rotating union drain valve is closed.
3. Check Rotor basket is secure and impeller bolt tight. Install the funnel lid and scalping screen.
4. Turn on supply water to unit.
5. Set the POWER selector switch on VFD panel to the ON position. Start the motor by pressing the RUN/STOP button. Open the fluidization water valve so that the gauge reads about 2 psi (1.4 bar) or set as desired.
6. Introduce a small amount of feed material to establish a bed in the rotor, and then simultaneously STOP and slowly shut off fluidization water while the rotor coasts to a stop. The aim is to have the fluidization water shut off completely just prior to the time when the rotor stops rotating. This will ensure that a proper evaluation of step 7 may be performed. Shutting off the fluidization water supply too soon will cause the concentrate to pack in the riffles. Conversely, if the fluidization water supply is shut down too slowly, the concentrate may be flushed out of the riffles and report to tails.



7. Remove the funnel lid and inspect the concentrate collected in the riffles. The concentrate should not be packed hard but should just start to gently slump out of the lower riffle(s). If the concentrate seems quite packed in the riffles, repeat steps 3-6 and adjust fluidization water accordingly. **This is a critical step.** Coarse high SG feed samples may require fluidization water pressures of 12 PSI or higher and low slurry feed rates. Use as low a fluidization pressure setting as possible.

The bowl will retain approximately 100g ± 20g of concentrate if set up properly.



L40R3.0 LENZE

8. When the fluidization water pressure value has been established for this sample, recombine all material and start processing sample at the same consistent feed rate and slurry density. The recommended method of feeding the L40 is to use an elevated agitated conical base slurry tank with a valve regulating the gravity feed to the L40. If this is not available, then a good alternative is to rinse the solids from the bucket placed on a gentle slope so that the steady flow of water washes a consistent rate of solids into the L40.

9. It is better to have a low density feed slurry rather than too high which may cause the rotor bowl to pack. Note the color of the tails exiting the L40, if it goes clear at any time during the sample then too many solids are being retained in the rotor bowl and the test should be started over again. Collect a tails sample by periodically cutting the entire tails stream as it exits the machine while the sample is being processed.

10. After the complete sample has been processed, shut off fluidization water and press STOP. Turn the POWER switch to the OFF position. **Disconnect the power** to the L40 (Note: the drive may remain energized for +/-15 sec after the power is turned off), remove the funnel lid and unscrew the impeller bolt in the rotor bottom. Lift out the plastic rotor bowl and carefully rinse the concentrate into a pan. Now place the same pan under the rotor shaft, open the valve on the rotary union and rinse any particles from inside the water jacket through the hollow rotor shaft to combine with the bowl concentrate.

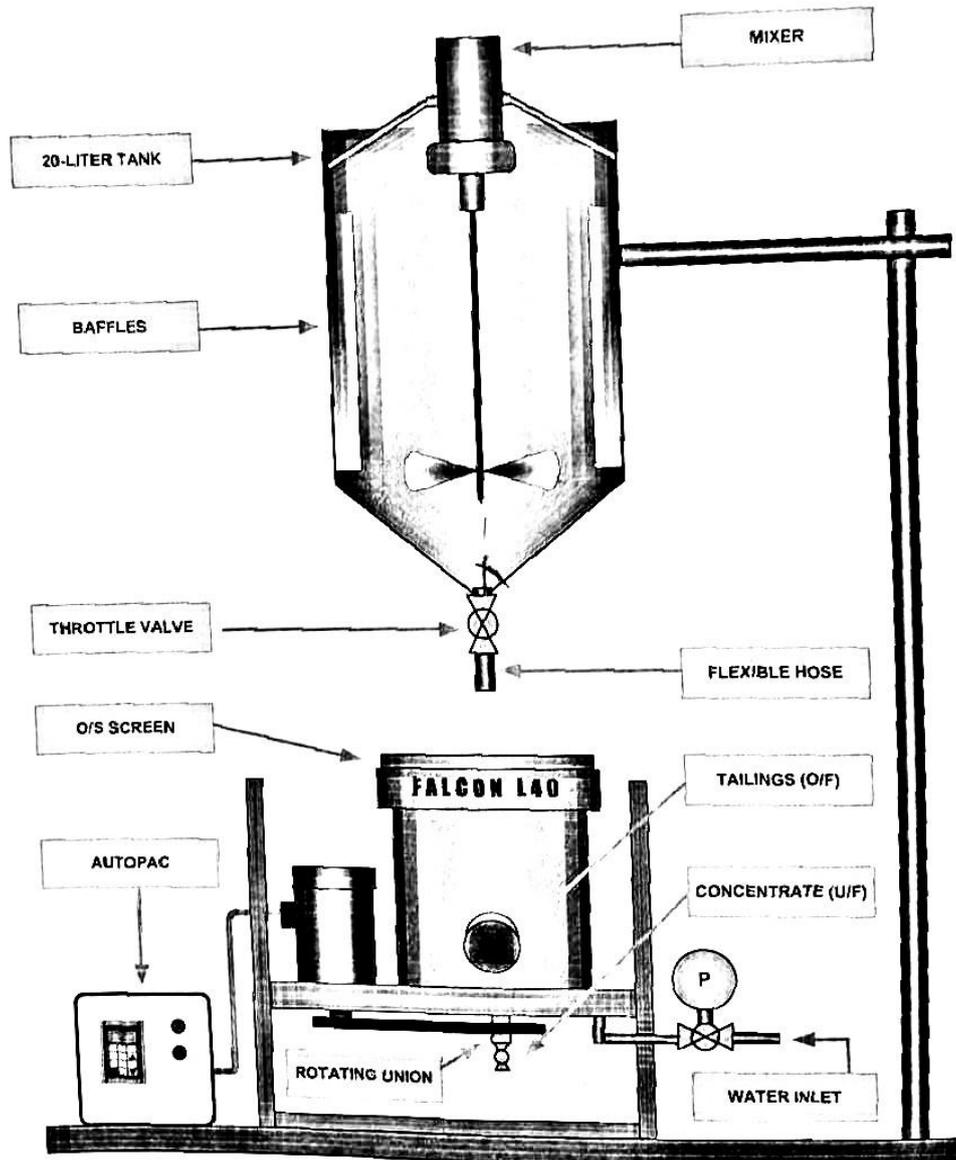
Note: Some material may migrate into the water jacket during shut down, however this is not an issue when considering scale-up for production machinery. The production machines incorporate a lower fluidization pressure that maintains a constant flow of water through the injection holes during the shut down and rinse cycles. This prevents material from migrating to the water jacket.

It is recommended to "purge" the water system during each rinse by closing the valve on the rotating union and opening the water valve until water jets up into the water jacket. If the water contains solids (dirty) this is an indication that there is some buildup in the water system. After repeating until the water is clear, continue to clean out the water jacket repeating as necessary.

11. Thoroughly rinse the tails launder and the entire machine to complete the test and prepare for the next sample. Also rinse the underside of the lid into the tailings. Avoid soaking down the electric motor, rotating union or bearings with direct high-pressure sprays. Hydrochloric acid may be used to clean the rotor bowl.

L40R3.0 LENZE

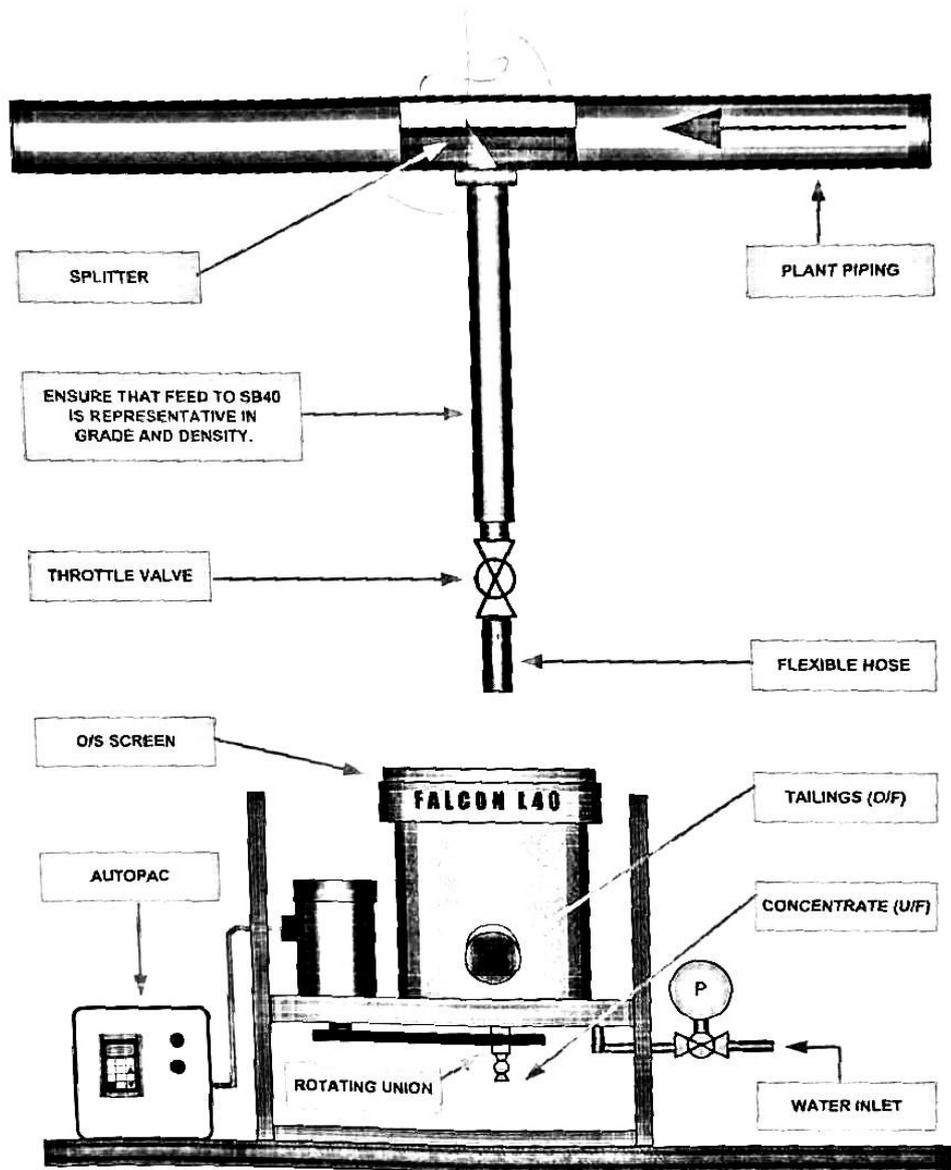
3.3 Typical Laboratory Installation



Sopro Mineral Systems

13

3.4 Typical Circuit Installation





3.5 Guidelines

The following guidelines are only general and small adjustments may be necessary for a particular material.

Falcon SB Series Amenability Test

10,000 grams of material should be weighed out and pulped to around 30% solids by mass. The material should then be fed through the operating Falcon L40 at 50 to 200 Gs and a water pressure of 3-15 psi, relevant to coarseness of the material. The tails can then be collected, while the concentrate is removed from the concentrate zone. The tails and concentrate are then dried, weighed and assayed.

The concentrate represents a weight recovery of approximately 1%. The practical 0.1% mass recovery to concentrate can be simulated by treating 100kg of material through the unit in a single pass.

Optimum separation performance is achieved when high specific gravity target particles and very low specific gravity gangue particles are relatively the same size, fine and liberated from each other.

An example set-up under these conditions might be:

Particle Size -	Minus #200 mesh
Feed Rate -	250 kg/hr solids
Feed Density -	45% solids by weight
Centrifugal Field -	150-200 G's
Fluidization Water -	2 psi (0.14 bar) or 9 Lpm

When the gangue particles have a high specific gravity but are still relatively the same size, fine and liberated from the target particles, an initial set-up might be:

Particle Size -	Minus #200 mesh
Feed Rate -	100 kg/hr solids
Feed Density -	25% solids by weight
Centrifugal Field -	150-200 G's
Fluidization Water -	5 psi (0.35 bar) or 12 Lpm

When the gangue particles are very coarse with little to no slimes and the high specific gravity target particles are considerably finer, separation performance declines. Under these conditions a typical set-up might be:

Particle Size -	Minus #12 mesh
Feed Rate -	50 kg/hr solids
Feed Density -	20% solids by weight
Centrifugal Field -	60-100 G's
Fluidization Water -	20 psi (1.38 bar) or 30 Lpm

Typically, a large percentage of 'SB' samples can be processed under these conditions:

Sepro Mineral Systems



L40R3.0 LENZE

Particle Size -	Minus #20 mesh
Feed Rate -	150 kg/hr solids
Feed Density -	35% solids by weight
Centrifugal Field -	150-200 G's
Fluidization Water -	6 psi (0.41 bar) or 13 Lpm

General Rules:

- The coarser the feed, the lower the pulp density and rotor speed.
- The coarser the feed, the higher the fluidization water pressure.
- The finer the feed, the higher the rotor speed.
- The finer the feed, the lower the fluidization water pressure.

Falcon C Series Amenability Test

Note: When simulating a 'C' test, the procedure will include up to three passes through the machine with a slurry feed. The starting feed conditions may be:

Particle Size -	Minus #12 mesh
Feed Rate -	50 kg/hr solids
Feed Density -	20% solids by weight
Centrifugal Field -	200 - 300 G's
Fluidization Water -	1 psi (0.65 bar) or 4.5 Lpm

A 1,000 gram sample should be weighed out and pulped to around 30% solids by mass. The procedure requires the 1,000 gram sample of the material to be fed through the operating Falcon L40 within the G-force range of 50 to 300 Gs and low water pressure (0.5 – 1.0 psi). The elutriation water is added to prevent the material reporting through to the water jacket, but is of sufficiently low pressure so as not to influence the separation.

The tails should be collected, and allowed to settle while the first concentrate is being removed from the concentrate zone. The tails can then be decanted and fed through the unit again. This is typically performed three times to produce three concentrates and a final tail. If each concentrate mass is approximately 120 grams, this representing a 12% weight recovery to concentrate.

The sum of C1 (Conc 1 or Mass Yield 1), C2 and C3 equals a total mass yield recovery of approximately 36%, which is nearing the maximum practical limit for the current concentrate valve configuration on the Falcon C Series concentrators or 40%. Each concentrate can then be dried, weighed and assayed to construct a full mass balance.

See the following page for an example of a spreadsheet created from a 3-pass 'C' Series Amenability Test.

General Rules:

- If the feed grade is high, the initial feed mass should be higher and more than three individual mass yields should be ran.
- The lower the feed grade, the higher the end (total) mass yield should be.

Sepro Mineral Systems

16

L40R30LENZE

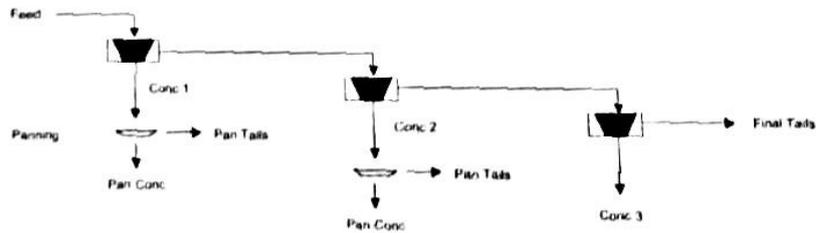


ANALYSIS

Client		Date						
Test No.		Project No.						
Sample		Falcon Reference						
Product	(g)	Weight Cumulative (%)	Cumulative	Grade Au/g	Grade Cumulative	Distribution Au %	Cumulative	Upgrade Ratio
Mass Yield 1	112.4	11.3	11.3	34.04	12.84	27.14	27.14	3.28
Mass Yield 1 Tailings	883.7	88.7	53	3.23		42.86		
Mass Yield 1 Pan Conc	3.0	0.3	53	853.87		36.72		177.11
Mass Yield 1 Pan Tail	109.0	11.0		11.36		10.92		
Falcon C Application		Mass Yield	Recovery	Grade				
		31.0	67.0	21.84				
Falcon SB Application		0.3	38.7	21.84				
Product	(g)	Weight Cumulative (%)	Cumulative	Grade Au/g	Grade Cumulative	Distribution Au %	Cumulative	Upgrade Ratio
Mass Yield 2	67.6	6.7	6.7	6.25	21.36	6.25	21.36	5.18
Mass Yield 2 Tailings	786.7	78.0	13.0	2.60		33.01		
Mass Yield 2 Pan Conc	3.0	0.3	13.0	137.93	496.69	6.38	44.90	20.45
Mass Yield 2 Pan Tail	94.0	9.4		2.47		1.49		
Falcon C Application		Mass Yield	Recovery	Grade				
		21.0	67.0	21.84				
Falcon SB Application		0.3	38.7	21.84				
Product	(g)	Weight Cumulative (%)	Cumulative	Grade Au/g	Grade Cumulative	Distribution Au %	Cumulative	Upgrade Ratio
Mass Yield 3	90.7	9.0	9.0	6.43	16.64	6.43	16.64	2.47
Mass Yield 3 Tailings	687.0	69.0	31.0	2.28		21.44		
Falcon C Application		Mass Yield	Recovery	Grade				
		31.0	76.6	16.64				
Final Tailings	887.0	89.0		2.78		21.44		0.54
Calculated Head	996.3	100.0		6.71		100.00		

	Mass Yield (%)	Recovery % Au	Conc Grade (g/t)	Tailings Grade (g/t)
Falcon SB Application	0.3	38.7	85.187	
Falcon C Application	11.3	67.3	34.04	3.23
	21.0	67.0	21.36	2.80
	31.0	76.6	16.64	2.28

Three pass Falcon SB40 Test Environment Test Conditions			
Density	Pressure	Speed	
0.20	1 psi	5.3 Hz	150 G



The results of this test indicate that 38.7% Au can be recovered in 0.3% of the mass yield to concentrate (SB application) or 76.6% of the Au can be recovered in 31.0% of the mass yield to concentrate (C application).

It is also possible to predict what the concentrate and final tailings grades would have been after 11.3% and 21.0% mass yields.