



ISSN : 2350-0743



## REVEIWARTICLE

### PROCESAMIENTO POR FLOTACIÓN INVERSA PARA LA PURIFICACIÓN DE LA BARITINA

Reynaldo Mejía Caceres, Julio Alejandro Marcelo Ames, Antonio Florencio Blas Arauco, Pelayo Hugo Vásquez Berrocal, Teófilo Ivan Poma Inche, Vidal Víctor Calsina Colqui, Tito Marcial Arias Arzapalo, Pit Frank Alania Ricaldi, Javier López Alvarado, Favio Máximo Mena Osorio, José Fermín Hinojosa De La Sota, Eder Guido Robles Morales and Guillermo Gomer Cotrina Cabello

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

#### ARTICLE INFO

##### Article History

Received 19<sup>th</sup> December, 2024

Received in revised form

17<sup>th</sup> January, 2025

Accepted 26<sup>th</sup> February, 2025

Published online 28<sup>th</sup> March, 2025

##### Keywords:

Procesamiento de minerales; Factores experimentales; diseños experimentales; flotación inversa y ANOVA.

##### \*Corresponding author:

Reynaldo Mejía Caceres

#### ABSTRACT

La existencia de reserva probada de baritina en la Empresa Minera Barimayo -Huánuco - Perú es 3217318,45 TM, siendo la gravedad específica de 3,95 con una pureza de 85% y con un contenido de hierro promedio del 9%; en consecuencia la comercialización tal como se extrae de la cantera es a un precio muy bajo, porque el mercado competitivo necesita una baritina con peso específico de 4,1 como mínimo a malla -200 y el grado químico mínimo debe ser 94% de sulfato de bario con 1% de óxido de hierro. Surgió la necesidad de procesar o purificar a la baritina para obtener el valor agregado del mineral, razón fundamental para realizar el procesamiento mediante el método de flotación inversa por espumas, de esa manera vender el producto a mayor precio para beneficiar económicamente a la empresa y tener mayor ingreso económico para el fisco nacional. Habiendo cumplido con las pruebas experimentales en el laboratorio inicialmente se hizo mediante el diseño factorial fraccionado y culminando mediante el uso del diseño central compuesto, se llegó a obtener la baritina con una pureza del 97,75% y una recuperación de la misma 97,60%, por lo tanto, la baritina purificada en el laboratorio ya es competitivo en el mercado nacional e internacional.

Copyright©2025, Reynaldo Mejía Caceres et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Reynaldo Mejía Caceres, Julio Alejandro Marcelo Ames, Antonio Florencio Blas Arauco, Pelayo Hugo Vásquez Berrocal et al. 2025. "Procesamiento por flotación inversa para la purificación de la baritina", *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*, 12, (03), 10965-10971.

## I. INTRODUCCIÓN

La baritina es el mineral no metálico relativamente común, de bajo precio y producido en más de 40 países. El comercio internacional es muy competitivo, los países productores exportan crudo en grandes volúmenes principalmente para la perforación de pozos petroleros. Siendo Estados Unidos, el principal importador de la China, India y otros. Otros países importadores son Alemania, Reino Unido, Venezuela y Japón. La flotación directa consiste en la concentración de minerales mientras que, la flotación inversa es la purificación de los minerales. Los antecedentes desde el punto de vista de la flotación inversa no se existe mucha información. En la presente investigación, el nivel de investigación científica es la Investigación Experimental mediante diseños experimentales, siendo el tipo de investigación Aplicada – Tecnológica, quiere decir que esta investigación se distingue por tener propósitos fácticos, dirigida a descubrir y conocer las técnicas nuevas para el procesamiento de minerales no metálicos.

La baritina comercializable debe ser de alto peso específico y de alta resistencia a los ataques químicos, para cumplir con estas características, debe ser de alta pureza, la que tiene mejor cotización es de color blanco. Por lo tanto, la calidad de demanda es del orden del 93% al 97% de sulfato de bario (Dominguez Camargo & Suárez Niño, 2019, pp. 47-48), con gravedad específica de 4,1 a 4,3. En la actualidad el mercado competitivo exige una baritina con peso específico de 4,1 como mínimo de malla -200 y grado químico de 93% de BaSO<sub>4</sub> como mínimo y con 1% de óxidos de hierro y otros contaminantes como máximo.

Actualmente, existen ligeras recomendaciones teóricas de flotación (Rodríguez Rodríguez, 2017); además la preparación de la baritina es solamente por molienda, el mercado competitivo solicita baritina de alta pureza; por la carencia de antecedentes, para resolver este problema, se usaron conceptos fundamentales de flotación directa de minerales polimetálicos (Canaza Minaya, pp. 55-57), para ser aplicados inversamente y realizar los procedimientos experimentales de flotación inversa de la baritina. En resumen, en la actualidad no contamos con plantas de tratamiento de la baritina en el Perú. Para la purificación de la baritina se aplica la flotación inversa por espumas mediante experimentos factoriales, esta metodología se realiza haciendo uso del diseño

factorial fraccionado y la experimentación activa, con la finalidad de seleccionar a los factores más significativos del proceso. Los factores experimentales seleccionados después de una serie de ensayos preliminares o de diagnóstico en el laboratorio fueron: molienda; SERIE 1000 (reactivo obtenido por el investigador a partir del aceite combustible); sulfato de cobre y modificador del pH. Los reactivos de flotación cumplen determinadas funciones específicas que hacen posible la separación de los minerales valiosos del relave. Cumplidos los ensayos experimentales con la plantilla del diseño factorial fraccionado, se llegó a obtener 54,90% de pureza como bario y una recuperación del 96%. Analizado los datos estadísticamente, principalmente al ANOVA (análisis de varianza) no se muestran valores de F-Ratio ni tampoco valores de P-Value, por lo tanto se acepta a la hipótesis nula ( $H_0$ ), a continuación se eliminó a los efectos activos confundidos o interacciones menos significativos del proceso, cumplida con esta acción se encontró gráficamente que la molienda y el pH son factores considerados como constantes; por otra parte los factores SERIE 1000 y acondicionamiento son considerados como factores significativos del proceso, que permite pasar a otros ensayos usando el diseño central compuesto (DCC). En seguida para mejorar la purificación de la baritina, se efectúan ensayos de confirmación utilizando el Diseño Central Compuesto (DCC), ampliamente usados para construir modelos de superficie respuesta de segundo orden. Una vez obtenido el mejor ANOVA, los datos obtenidos deben ser analizados e interpretados estadísticamente con el uso del software Statgraphics Centurion, observando especialmente la primera y última columna de la tabla de ANOVA, según ella, la hipótesis nula ( $H_0$ ) es rechazada para el nivel de significancia del 5% y nivel de confianza al 95% (Nolberto Sifuentes & Ponce Aruneri, 2008, p. 48) (Saéz Castillo, 2012, p. 154). La ley de bario obtenida es 57,50% que equivale a 97,72% de sulfato de bario y con una recuperación de 97,60%. En consecuencia, estos ensayos experimentales a pequeña escala (laboratorio), proporciona una información de mucho valor para futuros ensayos experimentales a gran escala.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

**A. Población y toma de muestras:** La población está constituida por la reserva probada de 3217318,45 TM de baritina de la Compañía Minera Barimayo Sociedad Anónima Huánuco-Perú, las muestras fueron tomadas de la cancha de gruesos, se usó el método de muestreo no probabilístico. Se trabajó con 10 muestras, el peso de cada uno fue aproximadamente de 4 kilogramos, siendo la coloración predominante el **amarillo pastel** debido a la presencia de limonita y hematita. Se preparó una muestra única mezclando a las 10 muestras, después de la molienda primaria; homogenización y cuarteo, para obtener una única muestra de 10 kilogramos. Se realizó el análisis químico, el contenido del contaminante fue 5,40% de hematita; limonita 4,89%; blenda 2,39%; galena 1,55%; sulfuro de cobre 0,77% y Baritina 85,00%. Los equipos que fueron utilizados en el laboratorio para la flotación inversa, son: Balanza electrónica digital de dos decimales; agitador magnético VELP; cuarteador estático Jones Denver; pulverizador Denver; molino de bolas Denver; potenciómetro Adwa AD 12; equipo de flotación Denver; estereoscopio CZM6, horno de mufla D62, bandejas de aluminio y diversos materiales de vidrio. No se realizó la flotación directa por recomendación de muchos artículos científicos y libros (Bulatovic M., 2015, p. 137). Se usó la flotación inversa, porque la cantidad de baritina en la muestra es más superior a la cantidad de contaminantes.

**B. Reactivos de flotación: SERIE 1000:** Es un colector obtenido por el investigador a partir del aceite combustible, el nombre elegido es a voluntad propia; cuya función fue dotar las propiedades hidrofóbicas a los contaminantes de la baritina, por ser flotación inversa.

**Metil IsobutilCarbinol (MICB):** Se usó como espumante.

**Sulfato de cobre:** Fue utilizado como activador de los contaminantes de la baritina, la dosificación por gotas tiene que ser minuciosamente controlado, en caso contrario se activa la baritina.

**Cloruro férrico o cloruro de aluminio:** Se usó como depresor de la baritina.

**Ácido sulfúrico:** Fue usado para el control riguroso del pH de la pulpa.

### Consideraciones generales de la flotación inversa:

- La molienda fina.
- El acondicionamiento de la pulpa se realiza con densidad alta de sólidos, en seguida se diluye la pulpa para acondicionar con ingreso de aire con la finalidad de deshidratar a la superficie de los minerales contaminantes, para mejorar la reacción química con las moléculas del colector.
- En seguida se dosifica otros reactivos de flotación: activadores de los contaminantes; depresores de la baritina, luego se acondiciona para tener una mezcla homogénea de la pulpa y completar las reacciones químicas.
- A continuación, se dosifica el colector estándar y el colector asistente, se acondiciona controlando el pH.
- Flotar.
- La segunda etapa de flotación es la limpieza, las dosificaciones de los reactivos es en menor cantidad en comparación a la flotación primaria o primera flotación.

Todas las actividades fueron realizadas en función: Tabla 02 y Tabla 07.

**C.Método:** Se aplicó el método científico de carácter experimental en el laboratorio o gabinete, en el cual se manipuló intencionalmente a los factores controlables y sus efectos de las mismas (Castijón Sandoval, 2011, pp. 49-51). Ningún investigador experimentado se atreve a buscar conocimientos sin operacionalizar a las variables (Calderon Saldaña, Alzamora de los Godos Urcia, & Del Águila Orna, 2009, pp. 11-12), en este sentido para la buena selección de los factores experimentales, se hizo la operacionalización de la variable independiente, cumplida con la investigación preliminar con la finalidad de determinar a los factores más significativos del proceso, se seleccionó 04 factores experimentales continuos: Molienda; Colector; pH y acondicionamiento, ver tabla 1, siendo el punto de partida de todo el proceso de investigación de la flotación inversa de la baritina.

**Tabla1. Factores para el diseño factorial fraccionado**

VARIABLES	NIVEL (-)	NIVEL (+)
X <sub>1</sub> : Molienda (min)	3	5
X <sub>2</sub> : pH (unidades)	2	5
X <sub>3</sub> : SERIE 1000 (gotas)	2	4
X <sub>4</sub> : Acondicionamiento	3	6

Mineral: 500 g

Malla: -200

Fuente. Autoría propia

La construcción del diseño factorial fraccionado (Gutiérrez Pulido & de la Vara salazar, 2008, pp. 261-265) se hizo en función a la tabla 1, además los procesamientos y los análisis de los datos obtenidos se realizaron con el programa estadístico StatgraphicsCenturion, obteniendo tabla 2.

**Tabla2. Diseño factorial fraccionado**

PRUEBAS	MOLIENDA: A	pH: B	SERIE 1000: C	ACONDIC.: D
1	3	5	4	3
2	5	5	4	6
3	3	2	2	3
4	3	2	4	6
5	5	2	2	6
6	3	5	2	6
7	5	2	4	3
8	5	5	2	3

Fuente. Autoría propia.

Realizados los ensayos y los análisis químicos en el orden fijado en Tabla 2, los resultados ver Tabla 3; en la corrida 4 se obtiene 54,90% y 96,10% de pureza y recuperación respectivamente, por lo tanto, esta pureza no satisface al mercado competitivo, porque exige una pureza mínima de 94% como sulfato de bario (baritina).

**Tabla3. Resultado del diseño experimental fraccionado**

NUMERO	BLOQUE	MOLIENDA (Min)	pH	SERIE 1000 (Gotas)	ACONDIC. (Min)	LEY Ba (%)	RECUP. Ba (%)
1	1	3	5	4	3	54,04	95,58
2	1	5	5	4	6	53,70	97,04
3	1	3	2	2	3	53,62	97,09
4	1	5	2	4	6	54,90	96,10
5	1	5	2	2	6	54,49	97,48
6	1	3	5	2	6	53,59	97,03
7	1	5	2	4	3	53,54	96,50
8	1	5	5	2	3	54,13	96,44

Fuente. Autoría propia

Al analizar estadísticamente a la Tabla 3, no se obtiene un ANOVA (análisis de varianza) satisfactorio ni tampoco una figura satisfactoria de los efectos principales, para determinar a los factores más importantes del proceso se eliminó los efectos menos significativos, obteniendo la Tabla 4 y figura 1.

**Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) después de eliminar a los efectos menos significativos del proceso**

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: MOLIENDA	0,0105125	1	0,0105125	0,29	0,6420
B: pH	0,148512	1	0,148512	4,15	0,1785
C: SERIE 1000	0,0153125	1	0,0153125	0,43	0,5801
D: ACONDICIONAMIENTO	0,227813	1	0,227813	6,37	0,1276
BD	1,20901	1	1,20901	33,81	0,0283
Error total	0,071525	2	0,0357625		
Total (correlación)	1,68269	7			

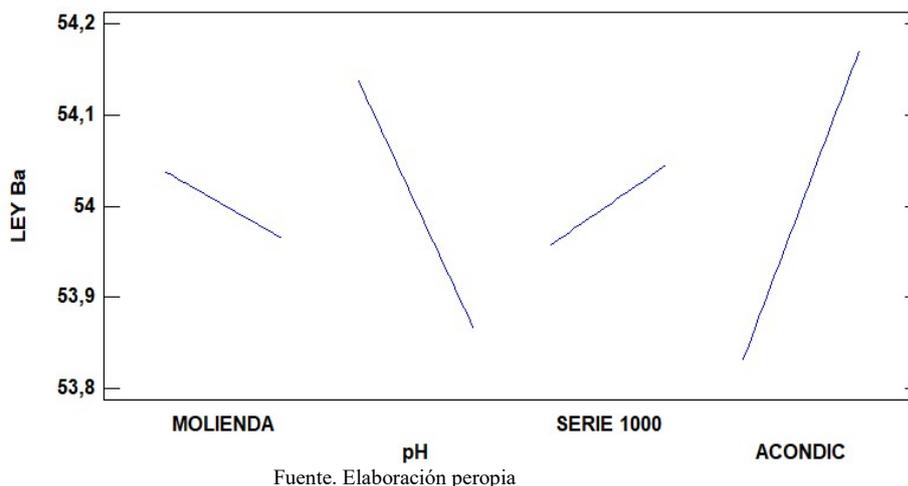
R-cuadrada = 95,7porciento

R-cuadrada (ajustada por grados de libertad) = 85,1por ciento

Error estándar del estadístico = 0,18

Error absoluto medio = 0,08

Fuente. Elaboración propia



Fuente. Elaboración propia

Figura 1. Efectos principales para ley de Bario

Estadísticamente, el ANOVA (López Bautista & González Ramírez, 2014, págs. 7-8) de la Tabla 4 no es satisfactorio, porque el P-Valor es mayor al 5% de nivel de significancia; analizado la figura 1, los factores SERIE 1000 y ACONDICIONAMIENTO son los más significativos del proceso por presentar pendiente positiva y los otros factores son constantes por tener pendiente negativa. Esta interpretación condujo a continuar con la investigación mediante el diseño central compuesto (DCC) (Severo, 2004, págs. 85-91). El DCC se formuló a partir de los ensayos experimentales realizados mediante el diseño factorial fraccionado, continuando el análisis de la Tabla 3 se obtiene los valores de las respuestas optimizadas de los factores más significativos del proceso, ver Tabla 5; tomando en cuenta ésta Tabla y la figura 1 se formuló la Tabla 6 con los factores más significativos, SERIE 1000 y ACONDICIONAMIENTO con los niveles adecuados respectivamente, ver Tabla 6; mediante esta Tabla se formuló la plantilla del DCC, ver Tabla 7.

Tabla 5. Respuestas optimizadas de los factores más significativos del proceso para maximizar LEY Ba<sup>++</sup> Valor Óptimo = 54,775

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
Molienda	3,0	5,0	3,0
pH	2,0	5,0	2,0
SERIE 1000	2,0	4,0	4,0
ACONDICIMIENTO	3,0	6,0	6,0

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 6. Factores más significativos y sus niveles

Factores	NIVEL (-)	NIVEL (+)
C=SERIE 1000	3	4
D=ACONDICIONAMIENTO	5	6

Fuente. Elaboración propia

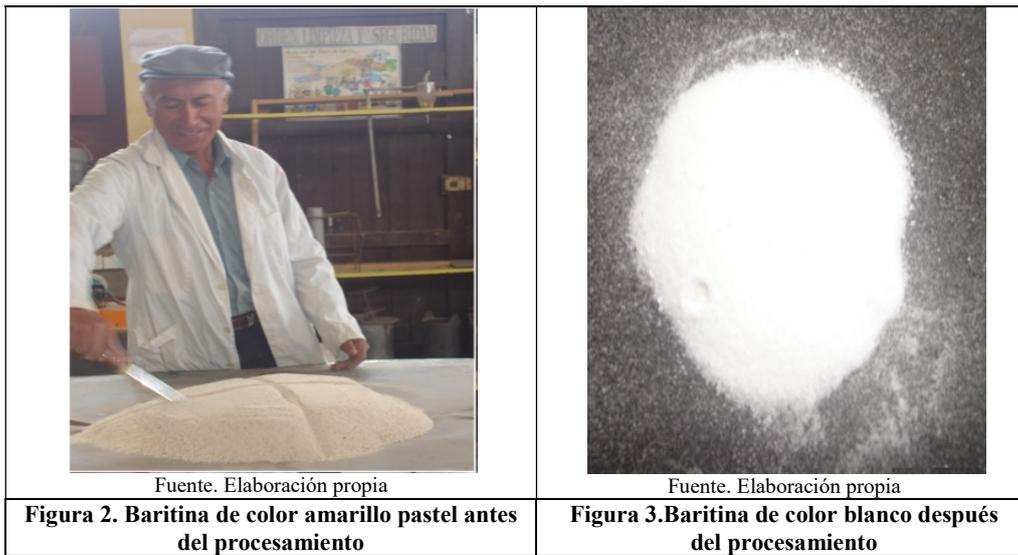
Realizadas las corridas experimentales en el orden indicado en la Tabla 7, cumplidos con los análisis químicos de cada ensayo, los resultados se rellenaron en la misma Tabla 7, obteniendo los mejores ANOVA, ver Tabla 8 y 9; y la figura 4 y figura 5 para la purificación y recuperación de la baritina respectivamente. En la figura 2 se nota claramente una baritina contaminada de color amarillo pastel; después de los ensayos experimentales controlando o manipulando a los factores más significativos del proceso, se observa en figura 3 la baritina de color blanco, siendo la mejor demostración de la hipótesis de trabajo experimental en las ciencias naturales.

Tabla 7. Resumen de las pruebas metalúrgicas experimentales

Nº	BLOQUE	SERIE 1000	ACONDICIONAMIENTO	LEY Bario (%)	RECUPERACIÓN
1	1	3,5	6,20711	49,00	82,00
2	1	3,5	5,5	57,4	97,80
3	1	3,5	5,5	57,30	98,12
4	1	2,7928	5,5	53,0	90,00
5	1	4	6	48,0	84,00
6	1	4	5	48,50	85,00
7	1	3,5	4,79289	51,00	88,10
8	1	3	5	52,80	90,20
9	1	4,20711	5,5	48,00	84,10
10	1	3	6	48,80	84,20
11	1	3,5	5,5	57,50	97,60

Fuente. Elaboración propia.

En consecuencia, los mejores resultados de la ley de baritina y las recuperaciones se obtienen en las corridas número 2, 3 y 11, demostradas mediante la figura 2 y figura 3.



**Tabla 8. ANOVA de la purificación final de baritina**

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: SERIE 1000	18,5169	1	18,5169	48,57	0,0009
B: ACONDICIONAMIENTO	6,71322	1	6,71322	17,61	0,0085
AA	74,4621	1	74,4621	195,30	0,0000
AB	3,0625	1	3,0625	8,03	0,0365
BB	85,068	1	85,068	223,12	0,0000
Error total	1,90635	5	0,38127		
Total (correlación)	153,585	10			

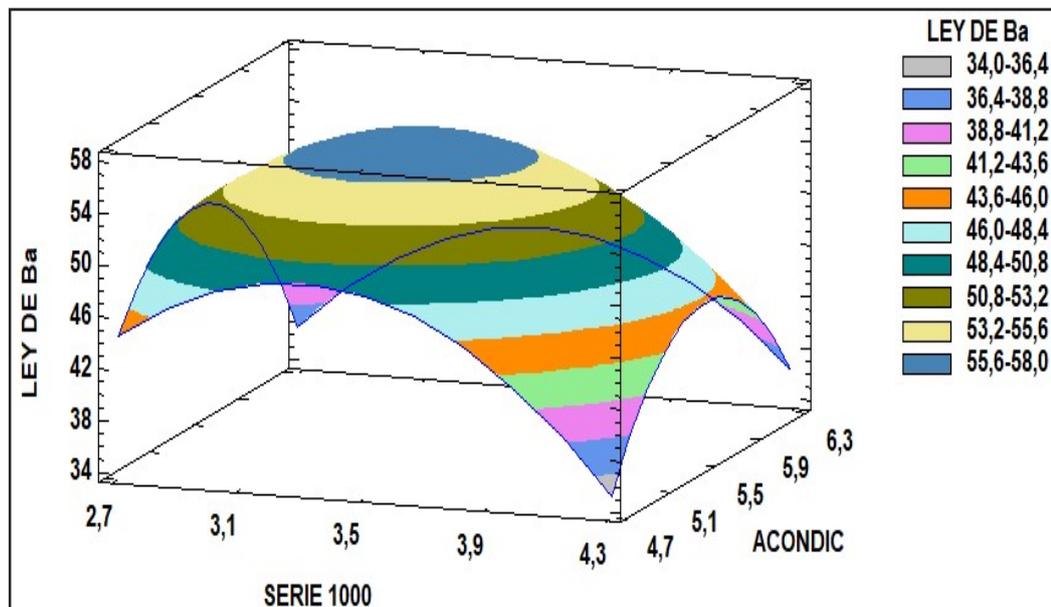
R-cuadrada = 98,7porciento

R-cuadrada (ajustada por grados de libertad) = 97,5 porciento

Error estándar del estadístico = 0,61

Error absoluto medio = 0,29

Fuente. Autoría propia



Fuente. Autoría propia

**Figura 4. Análisis espacial de respuesta en función a la purificación de Baritina**

La ecuación del modelo de segundo orden ajustado a los datos reales de la purificación o ley del bario.

$$LEY DE Ba = -502,058 + 79,3817 * SERIE 1000 + 156,692 * ACONDIC - 14,5249 * SERIE 1000^2 + 3,5 * SERIE 1000 * ACONDIC - 15,5249 * ACONDIC^2$$

Tabla 9. ANOVA de recuperación final de baritina

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: SERIE 1000	23,6117	1	23,6117	72,35	0,0004
B: ACONDICIONAMIENTO	30,5242	1	30,5242	93,53	0,0002
AA	167,425	1	167,425	513,04	0,0000
AB	6,25	1	6,25	19,15	0,0072
BB	234,568	1	234,568	718,78	0,0000
Error total	1,63171	5	0,326342		
Total (corr.)	374,466	10			

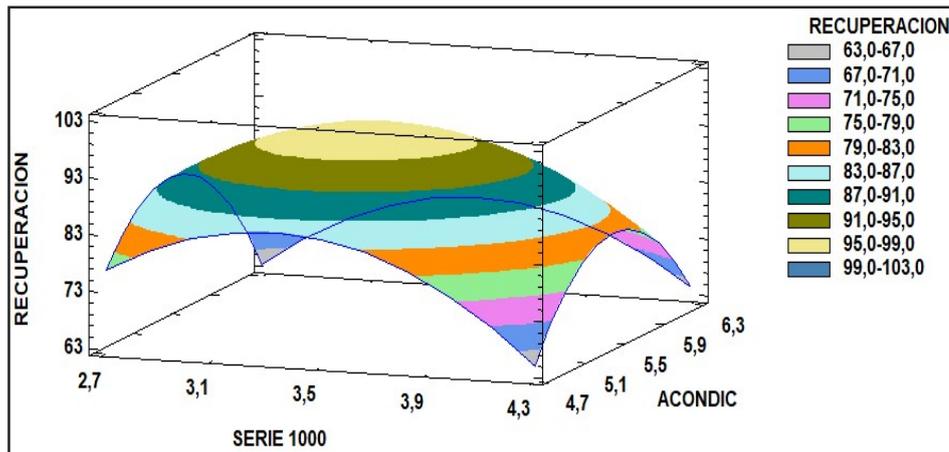
R-cuadrada = 99,5 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99porciento

Error estándar del est. = 0,5

Error absoluto medio = 0,3

Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia

Figura 5. Análisis espacial de respuesta en función a la recuperación de la Baritina

Ecuación del modelo matemático de segundo orden ajustado a los datos reales de la recuperación del bario.

$$\text{RECUPERACIÓN DEL BARIO} = -819,042 + 121,523 \cdot \text{SERIE 1000} + 262,172 \cdot \text{ACONDICIONAMIENTO} - 21,7799 \cdot \text{SERIE 1000}^2 + 5,0 \cdot \text{SERIE 1000} \cdot \text{ACONDICIONAMIENTO} - 25,7799 \cdot \text{ACONDIC}^2$$

Realizadas las interpretaciones de las ecuaciones del modelo matemático de segundo orden, en función a la ley del bario y en función a la recuperación del bario; cuando los valores de los factores en los modelos matemáticos fueran CERO; se afirma claramente que el valor de la purificación y recuperación de la baritina tienen valores negativos respectivamente, entonces se establece claramente que la purificación y recuperación de la baritina están en su valor máximo; además los factores cuadráticos de los modelos matemáticos tienen signos negativos, pero constantes diferentes, en consecuencia se establece que es una elipse hiperboloide en el espacio y estaremos ante una posibilidad de un máximo en los resultados experimentales de la baritina, ver figura 4 y figura 5.

Los 4 efectos de la Tabla 7 y Tabla 8 tienen el P-Valor inferiores al 5% de nivel de significancia (Nolberto Sifuentes & Ponce Aruneri, 2008, pp. 40 y 80), por lo tanto, se **rechaza contundentemente la hipótesis nula ( $H_0$ )** (Gutierrez Pulido & De La Vara Salazar, 2003, pp. 46-47) (Barón López, s/f, pp. 15-16) (López Bautista & González Ramírez, 2014, pp. 25-26).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### RESULTADOS

Inicialmente la ley de cabeza de la baritina fue 85% de pureza y el resto son contaminantes; una vez realizadas las corridas experimentales mediante la flotación inversa del diseño central compuesto, se llegó a obtener una pureza promedio al 57% como bario o 98% como baritina; con una recuperación total del 97% de Baritina, como se puede apreciar en la figura 3. Por lo tanto, los resultados indican que la **hipótesis de trabajo es aceptada** y se rechaza la hipótesis nula. Los instrumentos de laboratorio utilizados tienen la confiabilidad, validez y objetividad suficientemente demostrados con los resultados positivos obtenidos.

#### DISCUSIÓN

Siendo la investigación original o prototipo único, y habiéndose revisado bibliografías y artículos científicos no se encontró ninguna investigación que aplicara el procesamiento de purificación de la baritina mediante el método de flotación inversa;

Gracias a nuestra experiencia en procesamiento de minerales no metálicos se obtuvieron interesantes resultados muy consistentes que pueden ser aplicados como base para futuras investigaciones o producción a nivel industrial.

## IV. CONCLUSIONES

En la figura 1, los factores molienda (A) y pH (B) son considerados como constantes por tener pendientes negativas, significa que están con su valor máximo respectivamente, en consecuencia, no influyen directamente en el proceso de purificación y recuperación de la baritina; a su vez se declara como factores más significativos del proceso al reactivo colector SERIE 1000 (C) y el ACONDICIONAMIENTO (D) por tener pendientes positivas que se encuentran en su valor mínimo, las cuales fueron sometidos a la maximización durante el proceso para maximizar la purificación y recuperación de la baritina. La Tabla 7 indica la purificación promedio de la baritina de 98% en términos de  $BaSO_4$  o 57% de Bario, siendo las correlaciones de 98,76% de la purificación de la baritina y 99,56% de la recuperación de la baritina, verificar las Tablas 8 y 9 respectivamente; estos valores son suficientes para aceptar la consistencia estadística de que el ACONDICIONAMIENTO (D) y el SERIE 1000 (C), ver Tabla 5; son factores que influyen directamente en la purificación y recuperación de la baritina; toda la afirmación se confirma con las figura 2 y figura 3. Por lo tanto, queda demostrada la hipótesis de trabajo y estadística de la presente investigación. En la Tabla 8 y Tabla 9; los valores del P-Valor de los factores (interacción y cuadraturas) son menores al 5% de nivel de significancia, por lo tanto, la hipótesis nula ( $H_0$ ) es rechazada. En la Tabla 8 y Tabla 9; las correlaciones de 98,76% de la purificación de baritina y 99,56% de la recuperación de baritina, son suficientes para aceptar que hay evidencia estadística de que el ACONDICIONAMIENTO y el SERIE 1000, si influyen directamente en la purificación y recuperación de la baritina. En consecuencia, queda demostrada la hipótesis del presente trabajo de investigación.

## V. REFERENCIAS

- Barón López, F. (s/f). *Instrucciones sobre cómo presentar la Estadística en un trabajo Científico*. Obtenido de [https://educacionuc.files.wordpress.com/2015/05/como\\_presentar\\_estadistica.pdf](https://educacionuc.files.wordpress.com/2015/05/como_presentar_estadistica.pdf)
- Bulatovic M., S. (2015). *Handbook of Flotation Reagents*. Estados Unidos: Elsevier.
- Cabezas Lizano, R. (2003). *El Prospecto de Baritina "Santa Rosa" de CIA. Minera Barimayo S.A.* Pasco-Peru: UNDAC.
- Calderon Saldaña, J., Alzamora de los Godos Urcia, L., & Del Águila Orna, E. (2009). *Guía de Elaboración de Proyectos de Tesis Doctoral*. Lima - Perú: Universidad Alas Peruanas. Obtenido de [https://www.academia.edu/17684287/GUIA\\_ELABORACION\\_DE\\_PROYECTO\\_DE\\_TESIS\\_DOCTORAL](https://www.academia.edu/17684287/GUIA_ELABORACION_DE_PROYECTO_DE_TESIS_DOCTORAL)
- Canaza Minaya, D. J. (s.f.). Tratamiento de blending de minerales sulfurados y oxidados para la concentración de plomo, cobre y zinc a nivel experimental en la Planta Concentradora Sacracancha-2018. *(Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico)*. Universidad Nacional, Huacho-Perú. Obtenido de <http://200.48.129.167/bitstream/handle/UNJFSC/3415/CANAZA%20MINAYA%20c%20DIEGO%20JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castijón Sandoval, O. (2011). *Diseño y Análisis de Experimentos con Statistix*. Venezuela: Fondo Editorial Biblioteca Universidad Rafael Urdaneta. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/209742593/Diseno-y-analisis-de-experimentos-con-STATISTIX-pdf>
- Domínguez Camargo, C. A., & Suárez Niño, N. (2019). *Evaluación de la eficiencia y costos de la barita importada de Perú respecto a la nacional como desinfectante en la perforación de un bloque en Campo Castilla*. Bogotá: Fundación de Universidad de América. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7656/1/5141910-2019-2-IP.pdf>
- Gutierrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2003). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Primera edición ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Segunda Edición ed.). México: McGraw-Hill. Obtenido de [https://www.academia.edu/17684287/GUIA\\_ELABORACION\\_DE\\_PROYECTO\\_DE\\_TESIS\\_DOCTORAL](https://www.academia.edu/17684287/GUIA_ELABORACION_DE_PROYECTO_DE_TESIS_DOCTORAL)
- López Bautista, E., & González Ramírez, B. (2014). *Diseño y Análisis de Experimentos* (Segunda Edición ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Nolberto Sifuentes, V. A. (2012). *Estadística Inferencial Aplicada*. Lima-Perú: Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación.
- Nolberto Sifuentes, V., & Ponce Aruneri, M. (2008). *Estadística Inferencial Aplicada*. (U. d. Educación, Ed.) Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de [https://edgarmartinlarosa.files.wordpress.com/2013/07/est\\_inf\\_aplicada.pdf](https://edgarmartinlarosa.files.wordpress.com/2013/07/est_inf_aplicada.pdf)
- Rodríguez Rodríguez, J. (2017). Diseño de una planta de tratamiento de una mena de barita mediante flotación por espumas. *(Máster en Ingeniería de Minas)*. Universidad de Oviedo, España. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/43477>
- Saéz Castillo, J. A. (2012). *Apuntes de Estadística para Ingenieros*. España: Universidad de Jaén. Obtenido de [https://www.academia.edu/8369763/Apuntes\\_de\\_Estad%C3%ADstica\\_para\\_Ingenieros](https://www.academia.edu/8369763/Apuntes_de_Estad%C3%ADstica_para_Ingenieros)
- Severo, P. C. (2004). *Diseño Experimental Aplicado a Ciencia y Tecnología* (Primera Edición ed.). Lima: CONCYTEC.

\*\*\*\*\*