

# Geometalurgia aplicada a relaves auríferos cianurados en la región Arequipa y su posterior proceso por Gravimetría

## Geometallurgy applied to cyanide gold tailings in the Arequipa region and its subsequent processing by Gravimetry

Joselyne Bridgette Escalante Escalante<sup>1,a</sup>, Daniel Florencio Lovera Dávila<sup>1,b</sup>

Recibido: 31/11/2022 - Aprobado: 15/01/2023 – Publicado: 30/03/2023

### RESUMEN

La muestra de relave evaluada en este estudio pertenece a una planta concentradora en la región de Arequipa, que tiene una capacidad de 430 TMD, la cual procesa mineral aurífero proveniente de la minería artesanal. El beneficio de estos tipos de minerales se realiza mediante el proceso de cianuración, carbón en pulpa, desorción y refinación. El objetivo de la investigación radica en evaluar la viabilidad técnica de la aplicación de un equipo concentrador centrífugo-gravimétrico de nombre Falcon C, cuya finalidad es la de concentrar el oro que no fue recuperado en las etapas previas y de esta manera aprovechar los valores metálicos que se encuentran en dichas relaveras. El estudio de microscopía óptica de luz reflejada de la muestra determinó la presencia de minerales como calcopirita, esfalerita tipo I, galena, pirita, pirrotita, arsenopirita, hematita y gangas, se realizó también un estudio de microscopía electrónica de barrido, se ha podido determinar que el oro está ocluido en la pirita. En base a los estudios mineralógicos se realizaron pruebas de concentración centrífuga-gravimétrica en equipo Falcon C, cuya mejor prueba sustentó una recuperación de 60.00% de oro y 20.92% de plata con una calidad de 3.96% en oro y 11.46% en plata.

**Palabras claves:** Concentración centrífuga-gravimétrica, Falcon C, geometalurgia, oro y plata.

### ABSTRACT

The sample of tailings evaluated in this study belongs to a concentrator plant in the Arequipa region, which has a capacity of 430 TMD, which processes gold ore from artisanal mining. The benefit of these types of minerals is carried out through the cyanidation process, coal in pulp, desorption and refinery. The objective of the research is to evaluate the technical viability of the application of a centrifugal-gravimetric concentrator called Falcon C, whose purpose is to concentrate the gold that was not recovered in the previous stages and in this way take advantage of the metallic values found in said tailings. The reflected light optical microscopy study of the sample determined the presence of minerals such as chalcopirite, type I sphalerite, galena, pyrite, pyrrhotite, arsenopyrite, hematite and gangues, a scanning electron microscopy study was also carried out, it has been possible to determine that the gold is occluded in the pyrite. Based on the mineralogical studies, centrifugal-gravimetric concentration tests were carried out in Falcon C equipment, whose best test supported a recovery of 60.00% gold and 20.92% silver with a quality of 3.96% gold and 11.46% silver.

**Keywords:** Centrifugal-gravimetric concentration, Falcon C, geometallurgy, gold and silver.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado, Lima, Perú.

a Ingeniera metalúrgica. Autor para correspondencia: [joselyne.escalante@unmsm.edu.pe](mailto:joselyne.escalante@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7542-4006>

b Docente. E-mail: [dloverad@unmsm.edu.pe](mailto:dloverad@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-0716>

## I. INTRODUCCIÓN

Los concentradores centrífugos-gravimétricos empezaron a operar hace más de 60 años en la industria metalúrgica (Foucaud et al., 2019) y su principio se basa en las velocidades de sedimentación de las diferentes partículas en el campo centrífugo (Farajzadeh & Chelgani, 2022), dado a la introducción de un campo centrífugo para la recuperación de metales preciosos (Aramburú et al, 2016), además del alto peso específico de los metales preciosos, permitía recuperar oro de tamaño ultrafino, mejorando así la performance metalúrgica de los equipos de concentración gravimétrica (Gupta & Yan, 2016; Araujo et al., 2019; Rao et al., 2022). El uso de la tecnología tradicional de concentración gravimétrica logra recuperar los metales preciosos de tamaño mayor a las 75  $\mu\text{m}$  (Alvarez, 2006), de tal manera que las partículas de menor tamaño de oro que no lograban concentrarse debido a la presión ejercida por la fluidez y viscosidad con respecto a la densidad del concentrado y el agua (Hinojosa, 2016; Zhang et al., 2019), eran dispuestas en las relaveras. La aplicación de la tecnología centrífuga-gravimétrica permitió aprovechar los valores metálicos que no fueron recuperados con las tecnologías tradicionales en las últimas décadas (Aramburú et al., 2010), de tal manera que en los relaves de las plantas de procesamiento de minerales auroargentíferos, pueden ser reprocesados con la mencionada tecnología que permite aprovechar eficientemente los recursos disponibles en dichos pasivos mineros (Oruç et al, 2010; Bodénan et al., 2015, Ndolwa et al., 2010).

(El-Midany & Ibrahim, 2011) Investigaron la concentración de calcita de tamaño de partícula menor a las 80 micras, empleando un equipo de concentración centrífugo gravimétrico Falcon, afirmando que la frecuencia del diafragma es determinante en la recuperación, además también su interacción con la presión de agua. Un estudio con respecto a la recuperación de oro (Santos & Martínez, 2022) en su tesis afirmó que aplicando una frecuencia de 45 Hz y 0.5 PSI de presión de agua, en un equipo Falcon L40 para procesar relaves de flotación, lograron obtener

los mejores resultados de concentración de oro, logrando recuperar 41.84 % de dicho metal precioso, además de esto, los autores concluyeron que solo la presión de agua ejerce la mayor contribución en el aprovechamiento del oro.

Una ventaja principal de esta tecnología es su bajo costo de capital y el uso de agua como medio de concentración, es decir que no emplean algún tipo de reactivo, considerándose una tecnología limpia y bastante eficiente (Ibrahim et al, 2014).

En tal sentido es que el presente estudio de investigación está orientado a la recuperación de metales preciosos en relaves de procesamiento con el uso de la tecnología limpia de concentración centrífuga gravimétrica en equipo Falcon C, en el departamento de Arequipa.

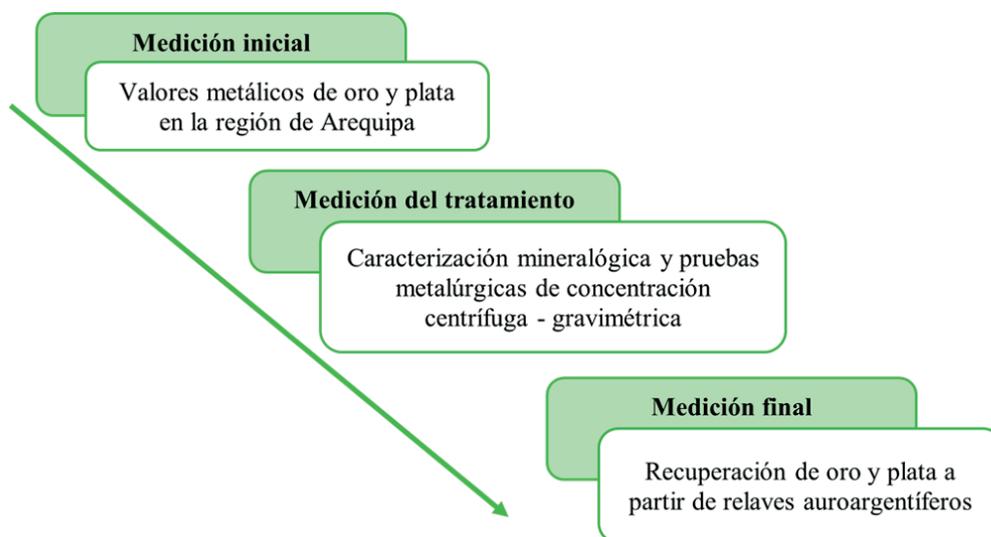
## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El desarrollo de este proyecto de investigación es cuantitativo, objetivo y deductivo, dado que se desarrollaron experimentos basados en el método científico, de tal manera que se aplicaron las teorías de microscopía de minerales, concentración de minerales con contenido de metales preciosos, las que fueron aplicadas con la finalidad de aprovechar los valores metálicos que fueron perdidos por el uso de la tecnología tradicional. Además, el estudio presenta un enfoque cualitativo, debido a que identifica las especies de minerales con contenido de metales preciosos en dicho pasivo minero.

### 2.2. Diseño de la investigación

El desarrollo de la investigación es de diseño experimental, dado que aplicó los principios de microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido y concentración centrífuga - gravimétrica, para recuperar valores metálicos a partir de pasivos mineros en la región de Arequipa (ver Figura 1).



**Figura 1.** Diseño de la investigación para la recuperación de oro y plata a partir de relaves.

*Nota:* Las medidas muestran las etapas de la investigación.

### 2.3. Unidad de análisis y población de estudio

La unidad de análisis corresponde a una planta concentradora de la región de Arequipa, lugar donde se desarrolló la problemática y se levantó la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

### 2.4. Procedimiento metodológico de la investigación

- Recopilación de información trascendente para el presente estudio.
- Muestreo de relavera en la región de Arequipa.
- Caracterización mineralógica de una muestra representativa.
- Ensayos químicos del relave.
- Pruebas metalúrgicas de concentración centrífuga-gravimétrica en equipo Falcon C.
- Reporte de resultados obtenidos.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Recopilación de información

Se hizo una inspección visual de una relavera en la región de Arequipa empleando una poruña, con la finalidad de evaluar valores metálicos comerciables, así mismo se recabo información de los balances metalúrgicos de los procesos precedentes con la finalidad de obtener data histórica del procesamiento en cuanto a recuperación de metales preciosos.

### 3.2. Muestreo de relavera en la región de Arequipa

Se planificó el muestreo de la relavera en puntos aleatorios empleando cortadores metalúrgicos, a una profundidad de un metro. Se unificaron el total de las muestras, debidamente

rotulada y almacenada fue enviada a laboratorio químico – metalúrgico.

### 3.3. Ensayos químicos del relave

Para cuantificar la presencia de oro y plata en el relave muestreado, se ensayó químicamente una muestra representativa del lote inicial, y los resultados se denotan en la tabla 1.

### 3.4. Microscopía óptica de luz reflejada de la muestra de relave

Se muestreo representativamente aproximadamente 500.00 gramos para realizar microscopía óptica de luz polarizante, con la finalidad de identificar las especies de valor comercial, así como sus tipos de entrelazamientos y grados de liberación. El análisis determinó que las principales especies que se observaron fueron pirita, galena, calcopirita, esfalerita I, pirrotita, arsenopirita, hematita y gangas, así también el volumen porcentual y liberación de los minerales detectados se puede observar en la tabla 2, las gráficas 2 y 3 representan los grados de liberación y los principales ensambles mineralógicos observados. Así también el ensayo de microscopía óptica determinó los principales tipos de entrelazamiento y sus posibilidades de liberación, tal y como se muestra en la tabla 3. Las principales especies de minerales que se pudieron observar en el microscopio óptico se pueden apreciar en la figura 4 y 5.

### 3.5. Microscopía electrónica de la muestra de relave

Se realizó una microscopía electrónica de barrido de una muestra representativa de relave con la finalidad de identificar las asociaciones referidas a oro y plata. Los resultados de las principales especies de minerales identificadas se denotan en la tabla 4, así mismo las principales micrografías se presentan en las figuras 6 y 7.

Tabla 1. Análisis químico del relave

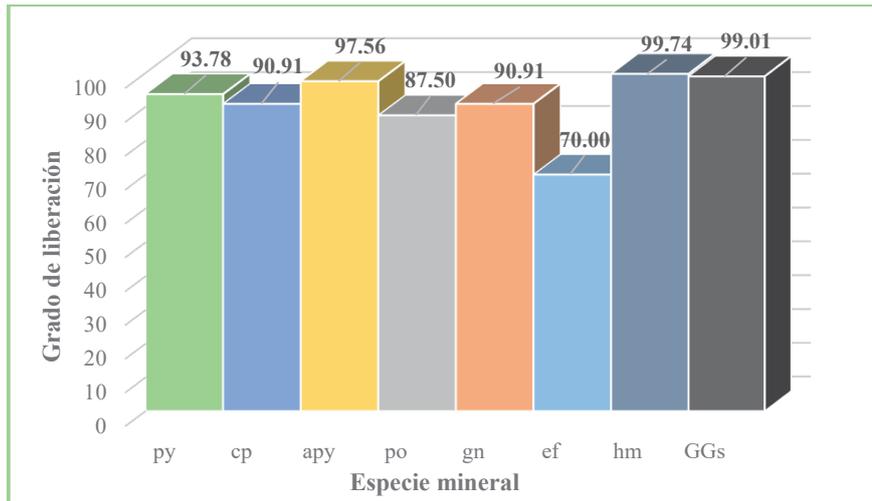
Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb %	Zn %	Fe %	As %
1.029	18.00					
1.234	17.52	0.02 %	0.038	0.31 %	34.62 %	0.05 %
1.097	22.50					

Nota: Las leyes de cobre, plomo, zinc, hierro y arsénico se presentan en porcentaje (%) y las leyes de oro y plata en gramos por tonelada (g/t).

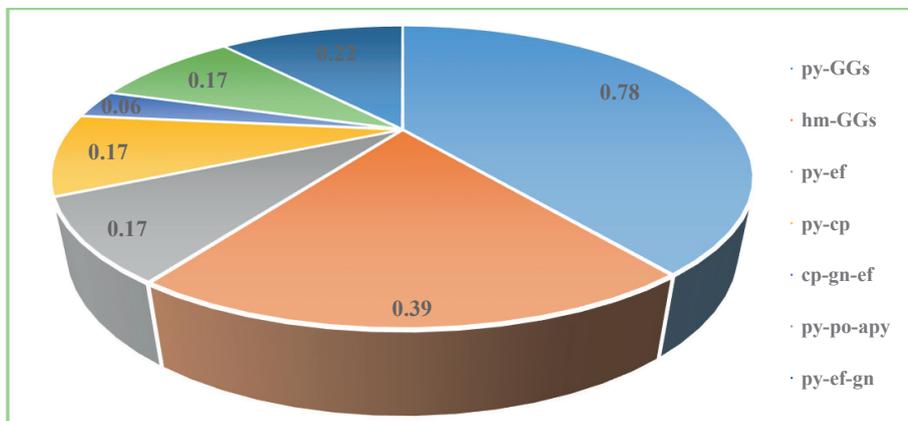
Tabla 2. Volumen porcentual y liberación de las especies presente en la muestra

Minerales	Abreviatura	Distribución porcentual (%)	Grados de liberación (%)
Pirita	Py	15.21	93.78
Calcopirita	Cp	0.06	90.91
Arsenopirita	Apy	0.11	97.56
Pirrotita	Po	1.33	87.50
Galena	Gn	0.06	90.91
Esfalerita	Ef	0.55	70.00
Hematita	Hm	21.31	99.74
Gangas	GGs	61.37	99.01

Nota: El volumen porcentual y la liberación son presentados en porcentaje (%).



**Figura 2.** Esquema de los grados de liberación de las especies mineralógicas de la muestra  
 Nota: El grado de liberación de las especies mineralógicas se representa en porcentaje (%).



**Figura 3.** Esquema de los ensambles mineralógicos observados  
 Nota: El grado de liberación de los ensambles mineralógicos se representa en porcentaje (%).

**Tabla 3.** Tipos de ensambles mineralógicos y su liberación

Intercrecimientos	Tipo int.	N° part.	Distrib. (%)
<b>Partículas individuales</b>		1767	98.04
<b>py-GGs</b>	2cIII	5	0.28
	4aIII	2	0.11
	2cI	3	0.17
	1cIV	4	0.22
<b>hm-GGs</b>	3cI	3	0.17
	4aII	2	0.11
	2dIII	2	0.11
<b>py-ef</b>	4bII	1	0.06
	2cIV	2	0.11
<b>py-cp</b>	1cII	2	0.11
	1eIV	1	0.06
<b>cp-gn-ef</b>	2bI	1	0.06
<b>py-po-apy</b>	3bI	3	0.17
<b>py-ef-gn</b>	4bII	4	0.22
<b>TOTAL</b>		1802	100.00

Nota: Se observa que los ensambles mineralógicos y su liberación.

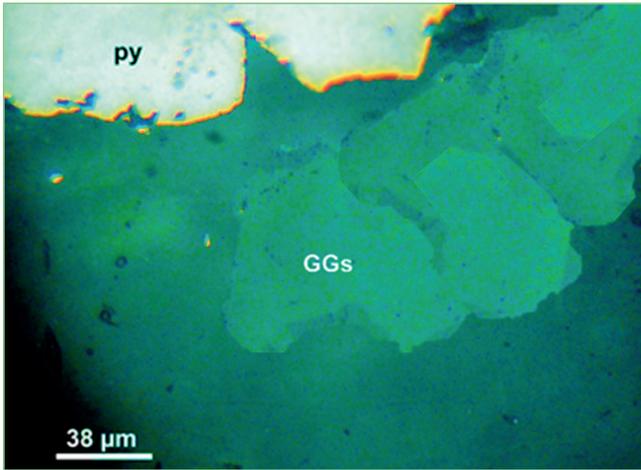


Figura 4. Micrografía de partículas libres de pirita (py) y gangas (GGs)

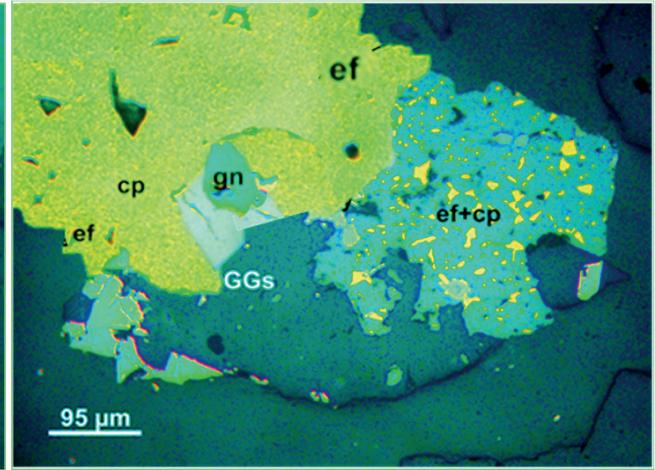


Figura 5. Micrografía de partículas mixtas de calcopirita (cp), esfalerita (ef), galena (gn) y gangas (GGs)

Nota: Se observa la presencia de pirita principalmente, se trabajó con aumentos de 38 y 95 μm.

Tabla 4. Composición química de las especies mineralógicas

Minerales	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)																				
	S	Fe	Cu	Ag	Au	O	Sb	Na	As	Si	Cl	K	Ba	Al	Mg	Mn	Zn	Ca	Pb	Total	
Galena en pirita	31	18.1		0.42																50.6	100
Arsenopirita	24.8	33.2							42												100
Esfalerita	35.2	2.82															61.9				100
Calcopirita	38	29.5	32.5																		100
Pirrotita	41.4	58.6																			100
Barita	15.1					27.7							57.2								100
Pirita + Au	54.8	43.6			1.62																100
Tetraedrita + Ag + Zn + As	26.2	1.7	35.3	0.93				23.9	4.49								7.46				100
Pirita + Au	34.8	44			1.05																100
Galena en esfalerita	19.5	7.3															8.53		64.7		100
Halita								41		30.9	59										100
<b>Muestra total</b>	<b>4.99</b>	<b>6.9</b>				<b>43.1</b>							<b>1.92</b>	<b>4.44</b>	<b>0.9</b>	<b>0.92</b>	<b>1.01</b>	<b>2.31</b>	<b>2.66</b>		<b>100</b>

Nota: La composición química de las especies mineralógicas se presentan en porcentaje (%).

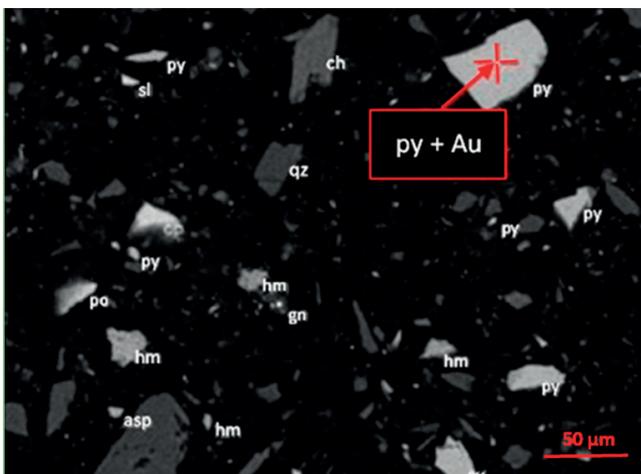


Figura 6. Partículas libres de pirita (py), pirrotita (po), arsenopirita (asp), galena (gn), hematita (hm), cuarzo (qz) y oro encapsulado en pirita



Figura 7. Partículas libres de pirita (py), arsenopirita (asp), galena (gn), rutilo (ru) y oro encapsulado en pirita

Nota: El oro se encuentra ocluido en la pirita, se trabajó con un acercamiento de 50 μm.

### 3.6. Pruebas metalúrgicas de concentración centrífuga – gravimétrica en equipo Falcon C

En base a la caracterización mineralógica, se proyectaron un plan de pruebas metalúrgicas de concentración centrífuga – gravimétrica que consistieron en tres pasadas en el equipo Falcon C, variando la granulometría de la pulpa, desarrollándose pruebas al 85%, 90% y 95% - 200 malla.

Para el desarrollo de las pruebas metalúrgicas se consideró las condiciones de operación se detallan en la tabla 5. Los resultados se representan en los balances metalúrgicos de las tablas 6, 7 y 8. Así también en la figura 8 se representa gráficamente la recuperación de oro y plata en función de sus granulometrías.

**Tabla 5.** Variables de operación en equipo Falcon C

Condiciones de operación	
Dilución (L/S)	3/1
Agitación de pulpa, rpm	2333
Fuerza G	290
Presión del agua, PSI	1
Frecuencia, Hz	80
Granulometría (%-200malla)	85%, 90% y 95%

Nota: Estos parámetros operativos se mantuvieron constantes en cada prueba.

**Tabla 6.** Balance concentración centrífugo-gravimétrica de relave al 85% - 200 malla

Productos	Peso de muestra seca (g)	% Peso	% Peso Acumulado	Leyes (g/t)		Contenidos (mg)		Recuperación Au (%)		Recuperación Ag (%)		Ley Acumulada (g/t)	
				Au	Ag	Au	Ag	Au Parc.	Au Cum	Ag Parc.	Ag Cum	Au	Ag
Cabeza	1390			1.029	18.00							1.03	17.52
Concentrado 1	76.89	5.53%	5.53%	2.914	11.83	0.22	0.91	15.73%	15.73%	5.65%	5.65%	2.91	11.83
Concentrado 2	74.13	5.33%	10.86%	2.605	11.52	0.19	0.85	13.56%	29.29%	5.31%	10.96%	2.76	11.68
Concentrado 3	68.59	4.93%	15.80%	2.400	11.11	0.16	0.76	11.56%	40.85%	4.74%	15.69%	2.65	11.50
Relave gravimétrico	1170.39	84.20%		0.720	11.59	0.84	13.56	59.15%			84.31%		
Cabeza calculada				1.025	11.57	1.42	16.09	100.00%			100.00%		

Nota: La ley se presentan en gramos por tonelada (g/t), y la recuperación en porcentaje (%).

**Tabla 7.** Balance concentración centrífugo-gravimétrica de relave al 90% - 200 malla

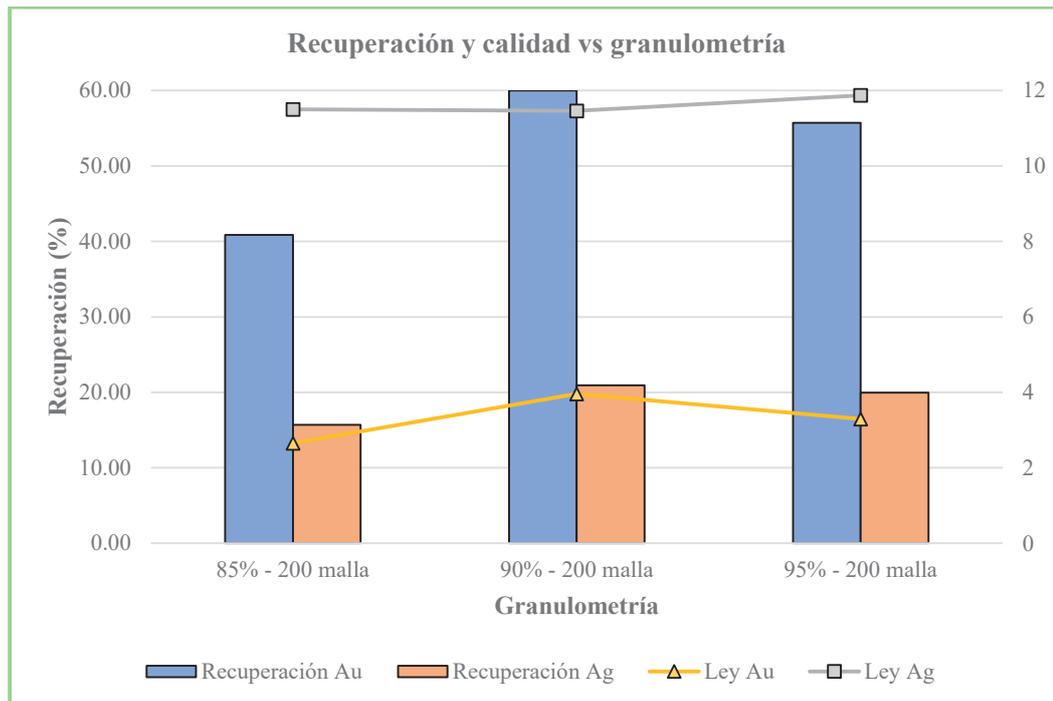
Productos	Peso de muestra seca (g)	% Peso	% Peso Acumulado	Leyes (g/t)		Contenidos (mg)		Recuperación Au (%)		Recuperación Ag (%)		Ley Acumulada (g/t)	
				Au	Ag	Au	Ag	Au Parc.	Au Cum	Ag Parc.	Ag Cum	Au	Ag
Cabeza	1105.00			1.234	17.52							1.23	17.52
Concentrado 1	80.37	7.30%	7.30%	5.005	12.03	0.40	0.97	25.70%	25.70%	7.47%	7.47%	5.00	12.03
Concentrado 2	80.10	7.20%	14.50%	4.011	11.38	0.32	0.91	20.60%	46.30%	7.04%	14.50%	4.51	11.71
Concentrado 3	75.96	6.90%	21.40%	2.811	10.94	0.21	0.83	13.70%	60.00%	6.41%	20.92%	3.96	11.46
Relave gravimétrico	868.57	78.6%		0.720	11.79	0.63	10.24	40.00%			79.08%		
Cabeza calculada				1.414	11.72	1.56	12.95	100.00%			100.00%		

Nota: La ley se presentan en gramos por tonelada (g/t), y la recuperación en porcentaje (%).

**Tabla 8.** Balance concentración centrífugo-gravimétrica de relave al 95% - 200 malla

Productos	Peso de muestra seca (g)	% Peso	% Peso Acumulado	Leyes (g/t)		Contenidos (mg)		Recuperación Au (%)		Recuperación Ag (%)		Ley Acumulada (g/t)	
				Au	Ag	Au	Ag	Au Parc.	Au Cum	Ag Parc.	Ag Cum	Au	Ag
Cabeza	1100			1.097	22.50							1.097	22.50
Concentrado 1	73.77	6.71%	6.71%	4.011	12.31	0.30	0.91	23.86%	23.86%	7.28%	7.28%	4.011	12.31
Concentrado 2	69.06	6.28%	12.98%	3.188	12.31	0.22	0.85	17.76%	41.62%	6.82%	14.10%	3.61	12.31
Concentrado 3	66.99	6.09%	19.07%	2.605	10.94	0.17	0.73	14.08%	55.70%	5.87%	19.97%	3.29	11.87
Relave gravimétrico	890.18	80.93%		0.617	11.21	0.55	9.98	44.30%			80.03%		
Cabeza calculada				1.127	11.34	1.24	12.47	100.00%			100.00%		

Nota: La ley se presentan en gramos por tonelada (g/t), y la recuperación en porcentaje (%).



**Figura 8.** Recuperación y calidad del concentrado en función de la granulometría

*Nota:* La recuperación se gráfica mediante una gráfica de barras, la ley mediante líneas con puntos.

#### IV. DISCUSIÓN

(Santos & Martínez, 2022) En su investigación evaluaron la contribución de la fuerza hídrica y la frecuencia de rotación de un equipo concentrador, Falcon L40, en base a la recuperación de oro desde relaves del proceso metalúrgico de flotación de la compañía Consorcio Minero Horizonte S.A., para lo cual aplicaron un análisis factorial de segundo orden, tercer grado y dos reiteraciones. Con respecto a la presión de agua, se configuró a 0.5, 2 y 3.5 psi, así también el parámetro de frecuencia de rotación fue evaluada a niveles de 45; 55 y 65 Hz, obteniendo los mejores resultados a una presión de 0.5 psi y una frecuencia de 45 Hz, logrando una recuperación de oro de 41.84 %. Los autores afirmaron que únicamente la presión de agua influye significativamente en la recuperación de oro para dicha muestra. En comparación con el presente trabajo de investigación, difiere, dado que solo se evaluó la granulometría, manteniendo las variables constantes de 1 PSI, 2333 rpm y 80 Hz. Además, los resultados de recuperación de oro en la presente investigación son más alentadores que los presentados anteriormente, empleando un equipo concentrador Falcon C.

(Santos & Medina, 2017) En su trabajo de investigación desarrollaron pruebas de concentración centrífuga – gravimétrica de un relave óxido con contenido de oro, procedente de la Provincia de Sánchez Carrión, la cual presenta similitud con respecto al presente trabajo, dado que presenta leyes de oro similares. La investigación mencionada trató con un relave de aproximadamente 1.35 g/t de Au, para lo cual evaluaron la presión de agua a 5, 7 y 9 psi, y el porcentaje de sólidos a 30, 35 y 40%, como variables independientes, en función de la recuperación.

Los mejores resultados sustentaron la relación inversamente proporcional entre el porcentaje de sólidos, la relación y calidad del oro. Así también los autores concluyeron que las pruebas más representativas lograron una recuperación de 36.96% de oro con una calidad de concentrado de 18,97 g/t de oro, a 7 psi de presión de agua y 30 % de sólidos. Como se puede observar la diferencia con respecto a esta investigación radica en las diferentes variables que se estudiaron, así también una diferencia notoria con respecto a la presión de agua que emplearon dichos autores. Podemos decir que en comparación con los resultados obtenidos en el presente trabajo presentan resultados más alentadores con respecto a la recuperación de oro, más no de la calidad de concentrado.

#### V. CONCLUSIONES

- Los ensayos de microscopía óptica de luz polarizante para la muestra de relave aurífero procedente de la región de Arequipa determinaron la presencia de especies tipo pirita, calcopirita, arsenopirita, pirrotita, galena, esfalerita, hematita y gangas, la cual no pudo detectar la presencia de oro que se reflejó en el ensayo químico del relave, la cual fue de 1.234 g/t de oro y 17.52 g/t de plata.
- La presencia de oro está relacionada con la pirita, la cual fue demostrada por la microscopía electrónica de barrido, que además de los minerales mencionados anteriormente, presenciaron especies como barita, tetraedrita y halita.

- Los resultados más alentadores lograron recuperar 60.00% de oro con una calidad de 3.96 g/t, y 20.92% de plata con una ley de 11.46 g/t, en 90% - 200 malla.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Ing. José Andrés Yparraguirre por el Informe de Laboratorio, Estudios por Microscopía óptica y electrónica de barrido de muestra de Relave de Operaciones, Mine Metallurgy S.A.C.

Al Mg. Daniel Florencio Lovera Dávila, por participar en el desarrollo de esta investigación que tiene un gran valor, puesto que me permitió consolidar mis conocimientos.

A la Universidad Mayor de San Marcos que me permitió continuar mi desarrollo profesional y a los profesionales cuyas investigaciones me dieron la posibilidad de analizar diversos puntos de vista para consolidar mi trabajo.

## VII. REFERENCIAS

Alvarez, A. (2006). *Tecnología de la concentración centrífuga*. Informe, Universidad Mayor de San Andres, La Paz.

Aramburú, V., Azañero, Á., Calderón, J., Gagliuffi, P., Avilés, P., Julca, D., . . . Gutiérrez, L. (2016). Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja ley en la región Casma. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 19(38), 171-177. doi:https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i38.13584

Aramburú, V., Núñez, P. A., Figueroa, M., & Gagliuffi, P. (2010). Recuperación de oro y mercurio de los relaves del proceso de amalgamación con tecnología limpia. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 13(25), 13-19. doi:https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i25.368

Araujo, L., Pereira, J., Nunes, D., Gonçalves, B., & Silva, J. (2019). Behavior of the chromite tailings in a centrifugal concentrator (FALCON). *REM-International Engineering Journal*, 72(1). doi:https://doi.org/10.1590/0370-44672018720016

Bodénan, F., Guezennec, A.-G., Beaulieu, M., Bellenfant, G., Lemiere, B., Lerouge, C., & Save, M. (2015). Re-Processing of mine tailings: discussion on case studies. *13th SGA Biennial Meeting - Nancy - France*.

El-Midany, A., & Ibrahim, S. (2011). Does calcite content affect its separation from celestite by Falcon concentrator? *Powder Technology*, 213(1-3), 41-47. doi:https://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.07.003

Farajzadeh, S., & Chelgani, C. (2022). Gravity separation by falcon concentrator- an over review. *Separation Science and Technology*, 57(13), 2145-2164. doi:https://doi-org.unmsm.lookproxy.com/10.1080/01496395.2022.2028836

Foucaud, Y., Dehaine, Q., Filippov, L., & Filippova, I. (2019). Application of Falcon Centrifuge as a Cleaner Alternative for Complex Tungsten Ore Processing. *Minerals*, 9(7), 448. doi:https://doi.org/10.3390/min9070448

Gupta, A., & Yan, D. (2016). *Mineral Processing Design and Operations* (Second ed.). Amsterdam: Elsevier. doi:https://doi.org/10.1016/C2014-0-01236-1

Hinojosa, O. (2016). Concentración gravimétrica de menas auríferas. *Rev. Met UTO*(38), 38-50. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2078-55932016000100006&lng=es&nrm=iso

Ibrahim, S., El-Anadoly, B., Farahat, M., Selim, A., & El-Menshawly, A. (2014). Separation of Pyritic Sulfur from Egyptian Coal Using Falcon Concentrator. *Particulate Science and Technology*, 34(6), 588-594. doi:https://doi-org.unmsm.lookproxy.com/10.1080/02726351.2014.933458

Ndolwa, C., Kime, M., Mwana, P., Ilunga, B., & Rukan, T. (2019). Application of Knelson Concentrator for Beneficiation of Copper-Cobalt Ore Tailings. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 40(1), 35-45. doi:https://doi-org.unmsm.lookproxy.com/10.1080/08827508.2018.1481057

Oruç, F., Özgen, S., & Sabah, E. (2010). An enhanced-gravity method to recover ultra-fine coal from tailings: Falcon concentrator. *Fuel*, 89(9), 2433-2437. doi:https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.04.009

Rao, M., Vidyadhar, A., & Prasad, R. (2022). Beneficiation of difficult-to-wash Indian low volatile coking coal fines by Falcon concentrator. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 42(12), 3618-3636. doi:https://doi-org.unmsm.lookproxy.com/10.1080/19392699.2021.1984902

Santos, C., & Martínez, N. (2022). *Presión de agua y frecuencia de rotación del concentrador Falcon L40 en el porcentaje de recuperación de oro mediante concentración gravimétrica a relaves*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Santos, E., & Medina, L. (2017). *Influencia de la presión de agua y el porcentaje de sólidos en la recuperación de oro mediante concentración gravimétrica centrífuga para un relave tipo óxido procedente de la Provincia de Sánchez Carrión*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9398

Zhang, J., Tao, Y., Zhengxiang, S., Wang, Y., & Zhao, Y. (2019). Experimental study on the macerals enrichment of Shenhua low-rank coal by Falcon centrifugal concentrator. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41(21), 2588-2600. doi:https://doi-org.unmsm.lookproxy.com/10.1080/15567036.2018.1563248

### Contribución de autoría

Conceptualización, Adquisición de fondos, Recursos, Administración del proyecto, Supervisión, Validación, Visualización, Investigación, Metodología, Curación de datos, Software, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición (Joselyne Escalante Escalante y Daniel Lovera Dávila).