



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Flotación y cianuración de composito de minerales para la
recuperación de oro y plata**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autor

Eduardo Daniel Ortiz Torres

Asesor

M(o) Joaquín José Abarca Rodríguez

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Eduardo Daniel Ortiz Torres	70341727	17 – 04- 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	0000-0003-1004-3824
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Máximo Cisneros Tejeira	23904230	0000-0001-7953-9559
Gerardo Luis Mora Palomino	16120729	0000-0001-8100-3489
Helen Analí Zapata Del Solar	44067559	0000-0002-5347-6155

FLOTACION Y CIANURACION DE COMPOSITO DE MINERALES PARA LA RECUPERACION DE ORO Y PLATA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.repositorio.jesuita.org.br Fuente de Internet	3%
2	Jagath C. Rajapakse. "Modeling hemodynamic response for analysis of functional MRI time-series", Human Brain Mapping, 1998 Publicación	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	s1.q4cdn.com Fuente de Internet	1%
5	www.creamminerals.com Fuente de Internet	1%
6	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

A mis padres por el apoyo incondicional y a mis profesores en los cuatro niveles por la formación y paciencia.

Agradecimiento

Al creador por permitirme llegar hasta acá e
iluminar el camino y a mi familia.

Pensamiento

“La perfección se logra no cuando no hay nada más que añadir, sino cuando no hay más que quitar” (Antoine de Saint- Exupéri)

Índice general

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
PENSAMIENTO.....	7
Índice general	8
Indice de tabla	11
Indice de figura.....	13
Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
Capítulo I Planteamiento del problema	17
1.1 Descripción de la realidad problemática.	17
1.2 Formulación del Problema.....	17
1.2.1 Problema General.....	18
1.2.2 Problemas Específicos.	18
1.3 Objetivos de la Investigación	18
1.3.1 Objetivo General.....	18
1.3.2 Objetivo Especifico.....	18
1.4 Justificación de la Investigación.....	19
1.5 Delimitación del Estudio.	19
1.6 Viabilidad del Estudio.	19
Capitulo II Marco teórico.....	21
2.1. Antecedentes de la Investigación	21
2.1.1. Investigación Internacional.	21
2.1.2. Investigación Nacional.....	22

2.2.	Bases Teóricas.	25
2.2.1.	Molienda de minerales.	25
2.2.2.	Variables en la molienda de minerales.	25
2.2.3.	Flotación de minerales.	26
2.2.4.	Variables de flotación de minerales.	26
2.2.5.	Cianuración de minerales.	30
2.2.6.	Variables en la cianuración de minerales.	31
2.3.	Definiciones conceptuales.	34
2.4.	Hipótesis de la Investigación.	36
2.4.1.	Hipótesis General.	36
2.4.2.	Hipótesis Específicos.	36
2.5.	Operacionalización de Variables e Indicadores.	37
Capitulo III Metodología.		38
3.1.	Diseño Metodológico.	38
3.2.	Población y Muestra.	39
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.	39
3.4.	Técnicas para el Procesamiento de la Información.	40
3.5.	Matriz de Consistencia.	41
Capitulo IV Resultados		42
4.1.1.	Condiciones de trabajo.	42
4.2.1.	liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica e flotación y su recuperación de oro y plata.	44
4.2.2.	El tiempo de flotación de composito de mineral y la calidad de concentrado de oro y plata.	48

4.2.3. La liberación de composito de mineral en la cianuración y su recuperación de oro y plata.	54
4.3.1. Contrastación de hipótesis general.	56
4.3.2. Contrastación de hipótesis específicos.	58
Capitulo V	64
Discusión.....	64
Capitulo VI Conclusiones y recomendaciones.....	65
Capítulo V Fuentes de información	67
5.1. Referencias.	67

Indice de tabla

Tabla 1	Operacionalización de las variables e indicadores	37
Tabla 2	Matriz de consistencia.....	41
Tabla 3	Condiciones de cianuración de composito de minerales auríferos	42
Tabla 4	Peso de muestra y leyes.....	43
Tabla 5	Reporte de laboratorio de la mezcla de cada lote.....	43
Tabla 6	Concentración gravimétrica 70% (-65m).....	44
Tabla 7	Concentración gravimétrica 82% (-65m).....	44
Tabla 8	Cianuración de minerales 83% (-200m)	45
Tabla 9	Cianuración de minerales 86% (-200m)	45
Tabla 10	Flotación de oro y plata a pasante del 59% -200m.	45
Tabla 11	Recuperación por concentración gravimétrica, flotación y cianuración de oro plata	47
Tabla 12	Flotación de oro y plata a pasante del 60% -200m.	48
Tabla 13	Recuperación de oro y planta vs liberación del mineral	50
Tabla 14	Balance de metalúrgico para liberación del mineral pasante del 98% a la malla 200	51
Tabla 15	Balance de metalúrgico de la simulación pasante del 98% a la malla 200	53
Tabla 16	Recuperación de oro y planta vs liberación del mineral de la simulación	53
Tabla 17	Balance de la primera prueba a -74 μm 83%	54
Tabla 18	Balance de la primera prueba a -74 μm 86%	54
Tabla 19	Balance de la tercera prueba a -15 μm 80%.....	55
Tabla 20	Balance de la cuarta prueba a -15 μm 85%	55
Tabla 21	Recuperación de oro y plata en función de la liberación del mineral	55

Tabla 22 Análisis de Varianza de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de plata.	58
Tabla 23 Análisis de Varianza de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de oro.....	59
Tabla 24 Análisis de Varianza del tiempo empleado en la flotación de la calidad de oro.....	60
Tabla 25 Análisis de Varianza del tiempo empleado en la flotación de la calidad de plata ...	61
Tabla 26 Análisis de Varianza de la liberación de minerales en la cianuración de oro	62
Tabla 27 Análisis de Varianza de la liberación de minerales en la cianuración de plata.....	63

Indice de figura

Figura 1 Recuperación y calidad de oro vs tiempo 59%-200m	46
Figura 2 Recuperación y calidad de plata vs tiempo 59%-200m.....	47
Figura 3 Recuperación calidad de oro vs tiempo 60%-200m	49
Figura 4 Recuperación calidad de plata vs tiempo 60%-200m.....	49
Figura 5 Diagrama de flujo y balance del circuito de flotación pasante del 98% a la malla 200	51
Figura 6 Simulación con Split Factor de la carga para una liberación del 98% a la malla 20052	
Figura 7 Diagrama de flujo y balance del circuito de flotación pasante del 98% a la malla 200 resultado de la simulación.	52
Figura 8 Recuperación de oro y plata en la flotación.....	56
Figura 9 Recuperación de oro y plata en la flotación.....	57
Figura 10 Diagrama de Pareto de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de plata.	58
Figura 11 Diagrama de Pareto de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de oro.....	59
Figura 12 Diagrama de Pareto del tiempo empleado en la flotación de la calidad de oro.....	60
Figura 13 Diagrama de Pareto del tiempo empleado en la flotación de la calidad de plata ...	61
Figura 14 Diagrama de Pareto para liberación de minerales en la cianuración de oro.....	62
Figura 15 Diagrama de Pareto para liberación de minerales en la cianuración de plata	63

Resumen

El objetivo es realizar la evaluar la flotación y cianuración de composito de minerales como influye en la recuperación de oro y plata, es una trabajo experimental donde se empleó 2 mezcla de minerales de diferentes leyes de 2.4 g/t Ag, 6.38 g/t Au y 3.40 g/t Ag, 19.84 g/t Au, con diferentes tamaños de 210 μm , 75 μm , 15 μm de mineral y diferentes porcentaje pasante y se sometieron a la concentración gravimétrica, flotación y cianuración. Obteniendo los mejores resultados en la flotación de minerales con una liberación del 88% que pasa a la malla 200, se obtuvo un concentrado de 25.40 g/t de plata y del 79.31% de recuperación, mientras que para el oro 93.68 g/t con recuperación del 81.79% en el concentrado, para una ley de 5.25 g/t Ag, 18.82 g/t Au. Por otra parte, para una ley de 3.31 g/t Ag, 7.66 g/t Au se obtuvo una calidad de 17.28 g/t Ag, 38.38 g/t Au con recuperación de 78% y 74.76% respectivamente. Concluyendo que la liberación del mineral influye en la recuperación de oro y plata con un p obtenido es del 0.004, 0.005 inferior a 0.05, el tiempo de flotación tiene efecto en la calidad de oro y plata en el concentrado con un p calculado es de 0.026 y 0.048 menor a 0.05, por otra parte el tiempo y la liberación no interviene en la cianuración de Au y Ag por su valor de p hallado es 0.743, 0.224 de oro y plata mayor a 0.05.

Palabra clave: Flotación, concentración, gravimetria, cianuración.

Abstract

The objective is to evaluate the flotation and cyanidation of mineral composites as it influences the recovery of gold and silver, it is an experimental work where 2 mixtures of minerals of different grades of 2.4 g/t Ag, 6.38 g/t Au were used. and 3.40 g/t Ag, 19.84 g/t Au, with different sizes of 210 μm , 75 μm , 15 μm of mineral and different percentage through and were subjected to gravimetric concentration, flotation and cyanidation. Obtaining the best results in the flotation of minerals with a release of 88% that passes to the 200 mesh, a concentrate of 25.40 g/t of silver and 79.31% recovery was obtained, while for gold 93.68 g/t with recovery of 81.79% in the concentrate, for a grade of 5.25 g/t Ag, 18.82 g/t Au. On the other hand, for a grade of 3.31 g/t Ag, 7.66 g/t Au, a quality of 17.28 g/t Ag, 38.38 g/t Au was obtained with recovery of 78% and 74.76% respectively. Concluding that the release of the mineral influences the recovery of gold and silver with a p obtained is 0.004, 0.005 less than 0.05, the flotation time has an effect on the quality of gold and silver in the concentrate with a p calculated is 0.026 and 0.048 less than 0.05, on the other hand time and release do not intervene in the cyanidation of Au and Ag because their p value found is 0.743, 0.224 for gold and silver greater than 0.05.

Keyword: Flotation, concentration, gravimetry, cyanidation.

Introducción

El proceso de concentración y extracción de los minerales es un de las técnicas más empleados en el mundo, partiendo de la pirometalurgia, concentración gravimétrica, flotación, lixiviación y la biolixiviación, los que nos permiten aprovechar los recursos minerales que se encuentran en la corteza terrestre.

En el Perú se realiza el aprovechamiento de los recursos minerales por concentración gravimétrica, flotación y la cianuración, los minerales que contiene alta densidad se realizan por gravimetría, los minerales sulfurados se emplean la flotación y los minerales que se encuentran diseminado y alto valor económico se emplea la cianuración directa a los minerales, mientras que a los minerales sulfurados después de la concentración se emplean la pirometalurgia, hidrometalúrgica y la electrometalurgia para llegar a obtener los elementos metálicos como metal para el diseño de las aleaciones y emplear en la fabricación de las máquinas y herramientas para su uso cotidiano.

Los minerales con preciosos que se encuentran en el Perú oro y plata cada día se acaban las reservas de alta ley, quedando los minerales con presencia de sulfuros donde el oro y plata se encuentran encapsulados para ello es necesario buscar el proceso más adecuado para su aprovechamiento.

Estos minerales con leyes diferentes es necesario buscar el proceso más adecuado para su aprovechamiento que cumplan desde el punto de vista técnico y económico, porque se empleó realizar las pruebas de concentración gravimétrica, concentración por flotación y extracción por cianuración con diferentes parámetros de molienda, tiempo de los cuales se obtuvo concentración por flotación se tiene mejores recuperaciones al mineral tratada.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la realidad problemática.

1.2 Formulación del Problema.

Los recursos minerales que se encuentran en la naturaleza es necesario incrementar su valor para ser comercial, el incremento se realiza mediante un proceso de concentración por flotación, concentración gravimétrica, extracción por cianuración, etc., para ello es necesario su caracterización el mineral, estudios que permitan elevar el valor comercial y buscar una de las técnicas adecuadas a emplear que permita obtener un mayor valor comercial de los proyectos que permita una explotación de los yacimientos y darle una fuente de trabajo a la sociedad.

Los métodos de procesamiento de minerales se encuentran definidos como la concentración gravimétrica, flotación, cianuración, etc., sin embargo, cada tipo de vetas de acuerdo a las características y su composición química se trata con diferentes condiciones, por lo que es necesario un estudio para cada tipo de mineral y vetas.

En la flotación de oro y plata a partir de escorias por el método de concentración gravimétrica y flotación se tiene una mejora en la recuperación a una liberación a malla 200 (Hidalgo et al., 2015).

En el proceso de peroxidación de minerales sulfurados con ozono y cianuración se tiene una mejora en la recuperación de oro y plata y tiempo de lixiviación respecto a una cianuración en condiciones sin oxidación (Salinas et al., 2004).

El estudio se llevó a cabo en el “Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológica de Materiales” de la “Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”.

El mineral aurífero que se llevó a estudiar por su composición preliminar por la presencia de sulfuros es necesario un estudio de flotación, cianuración en función a la liberación

para ver en qué porcentaje de recuperación se puede obtener por uno de los métodos ya sea por flotación o cianuración natural o forzado en condiciones que permita una recuperación óptima del oro.

En virtud a ello fue necesario realizar un estudio de molienda cianuración en condiciones estándares, molienda flotación en condiciones estándares y cianuración, por ello es necesario plantearse el problema para el estudio como se describe en los problemas generales específicos que se describen líneas abajo.

1.2.1 Problema General.

¿En qué medida la flotación y cianuración de composito de minerales tendrá influencia en la recuperación de oro y plata?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿En qué medida la liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica y flotación influye en la recuperación de oro y plata?

¿En qué medida el tiempo de flotación de composito de mineral influye en la calidad de concentrado de oro y plata?

¿En qué medida la liberación de composito de mineral en la cianuración influye en la recuperación de oro y plata?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar la flotación y cianuración de composito de minerales como influye en la recuperación de oro y plata.

1.3.2 Objetivo Especifico

Evaluar la liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica e flotación como influye en la recuperación de oro y plata.

Evaluar el tiempo de flotación de composito de mineral como influye en la calidad de concentrado de oro y plata.

Evaluar la liberación de composito de mineral en la cianuración como influye en la recuperación de oro y plata.

1.4 Justificación de la Investigación

El trabajo realizado respecto a la “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”, es darles valor agregado a los minerales para el aprovechamiento y la comercialización y buscar por cuál de los métodos es la más optima en la recuperación del oro. Por otra parte, es la publicación de los trabajos para así cumplir con uno de los pilares de la universidad en investigación.

1.5 Delimitación del Estudio.

El presente estudio sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”, se realizará en la ciudad universitaria pabellón 10B de la “Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la UNJFSC”, localizada en la urbe de Huacho, distrito de Huacho, provincia de Huaura, Departamento de Lima, país Perú con una altitud de 30 msnm, 11°07'43" S, 77°36'32" W(*Google Earth*, 2021).

El presente estudio se desarrolló en el periodo del año 2023 en el laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológica de Materiales.

Las limitaciones del estudio son cuanto al acceso de tecnología para tener un trabajo más certero y con certificaciones, por lo que se realizaron pruebas y análisis clásicas y el empleo de laboratorios de terceros. Estas limitaciones no se cuentan con laboratorio para el análisis químico de minerales y por lo que se llevaran a otros laboratorios para sus análisis.

1.6 Viabilidad del Estudio.

El estudio sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”, fue viable por que se tenía acceso a las vetas para extracción del

minera, se contó con los medios necesarios para costear el costo de las pruebas y los análisis de las muestras, por otra parte se tenía con información científica, técnica y procedimientos para realizar el estudio, y el permiso del acceso al laboratorio del “Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológica de Materiales” para realizar la preparación y pruebas de laboratorio.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

Dueñas Cabrera & Graff Ruíz (2018) respecto a su investigación titulada “Recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación y lixiviación con cianuro”, presentado a la universidad de Sonora México, con el objetivo de obtener una flotación o cianuración de oro y plata para tener una recuperación. Es una investigación experimental, para la caracterización se emplearon microscopio de barrido electrónico, difracción de rayos X y el ensayo al fuego. Obteniendo una ley de cabeza en un rango de 2.52 - 3.72 g/t de oro y de plata entre 365-488 g/t con presencia de pirita y cuarzo. En el proceso de flotación de emplearon xantato isopropílico de sodio y sulfato de cobre con una densidad del 35% y 30% sólidos en un tiempo de 5 y 3 minutos para el rougher y scavenger respectivamente; en la cianuración se realizó un concentrado baxis de 82 g/t de oro a una temperatura entre 60 – 90°C, presión de 340 – 540 KPa, fuerza del cianuro de sodio entre 5.26 – 10.52 g/L. donde el concentrado tiene oro del orden 124.1 g/t por tonelada y plata de 18 519 g/t, del orden de 94.82% y 94.8% respectivamente en recuperación, por otra parte en la cianuración realizada se obtuvo una recuperación de 87% para el oro y 89% para la plata con las condiciones de 65°C, 10.52 g/L a una presión de 540 KPa. Concluyendo que los minerales son refractarios y la mejor recuperación se obtuvo por flotación(pp.93-94).

Elorza Rodríguez et al.(2022) en su trabajo de investigación respecto a “Flotación colectiva pirita-arsenopirita-oro de los residuos de Noche Buena, Zac., y su separación en concentrados pirita-oro y arsenopirita” publicado en el repositorio de la Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, tiene como objetivo recuperar oro a partir de residuos o relaves de proceso almacenados entre los años 70- 80. Es un trabajo experimental. Para ello se emplearon

microscopio electrónico de barrido en la caracterización de los minerales ensayo químicos para la cuantificación, el mineral tiene una ley entre 2 a 4 g/t de oro. El resultado obtenido a una liberación del 80% pasante a 30 μm se tiene una recuperación entre 70 – 75 % de oro. Mientras que cuando se emplean el peróxido de hidrogeno a 540 mV a pH de 7 donde en el concentrado el oro se encuentra 7 g/t y su recuperación del orden del 50%. Concluyendo que para mejorar la recuperación se tendría que flotar la arsenopirita-pirita ya que encuentra asociado el oro que fue conformado con el estudio mediante SEM (pp.16-17).

Ruiz-Córdoba M. Sc et al. (2019) en su trabajo “Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero” publicado en Scielo, es un trabajo experimental. Se realizaron caracterización de minerales con fluorescencia de rayos X y microscopio estereoscópica de rayos X, luego realizaron pruebas de flotación empleado xantato amílico de potasio, A31 y A65 y en la cianuración en 33% de sólidos, pH 10.5 – 11.5 a 10 rpm. Obteniendo una recuperación en la flotación del orden del 85% de oro con un ratio de concentración de 4.23 a una granulometría pasante a 88 μm . en la extracción mediante la cianuración se llega a 89.35% en la recuperación del oro a una granulometría de 75 μm en un periodo de 7 horas empleando una concentración de 2.5 g/m^3 de NaCN. Concluyendo que en la extracción mediante el cianuro de sodio tiene mejor recuperación en comparación de la flotación, por lo tanto, el tiempo y la concentración del cianuro tiene efecto en la recuperación del oro.

2.1.2. Investigación Nacional.

Velásquez et al. (2022) en su trabajo respecto “Efecto de la cianuración intensiva en reactor IRL para tratar concentrados de flotación de minerales argentíferos de una mina ubicada en la región de Arequipa” presentado a la Universidad San Agustín de Arequipa, es una investigación experimental. El concentrado para la cianuración tiene una granulometría 93.95% pasante a la malla 200 con una presencia de oro de 47.87 g/t, y de plata de 16849.59 g/t, dilución

2.5, con un pH de 12.5, con una fuerza del NaCN entre 5 – 7 %, con una dosificación de 5 ppm de O₂. El proceso de pretratamiento se realiza la oxidación con 0.43 kg/t de peróxido de hidrogeno en 6.21 horas y cianuración con 0.24 kg/t peróxido de hidrogeno en 52.92 horas. Obteniendo un resultado de 96.69 % de Au, 96.46% para la plata y el empleo del orden de 57.95 kg/t de NaCN. Concluyendo que con un pretratamiento mejora los resultados de recuperación de oro, plata y su rentabilidad.

Mayorga et al. (2020) en su trabajo de investigación sobre “Influencia mineragráfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos de la Minera Qero’s Gold de Paucartambo-Cusco” publica en la revista del instituto de investigación de la facultad de ingeniería minas, metalurgia y ciencias geográficas, es un trabajo experimental. Se emplearon mineral de 20 g/t de oro, en la concentración gravimétrica se emplearon una granulometría 65% m-200 con un caudal de 1800 cm³/h con una fuerza gravitacional de 98 G y una presión de 1.5 PSI; en la cianuración 85% m-200, pH10.5 – 11, fuerza de cianuro 1500 ppm, 30% de solido; en la flotación se tiene 65% m-200 y 85% m-200, 32% de sólido, reactivos empleados CuSO₄, A-404, Z-11, MIBC. Resultados en la concentración gravimétrica 132 g/t Au, 7.7 g/t Ag con una recuperación de 58.61% Au, 14.61% Ag; en la cianuración en 72 horas se obtuvo un consumo de 2 kg/t NaCN con una recuperación menor a 19% para el Au y Ag; mientras que en la flotación se obtuvo 57.30 g/t Au, 9.5 g/t Ag con una recuperación de 95.54% Au, 50.74% Ag. Concluyendo que la mejor proceso para la recuperación es la flotación ya que el oro se encuentra encapsulado en la piritita y arsenopiritita es la red cristalina en un tamaño de 2 micras.

Yana Vilca (2018) en el trabajo sobre “Optimización del proceso de cianuración de oro en la planta del a Joya MINING” presentado a la universidad Nacional San Agustín de Arequipa es una investigación experimental. En el proceso de cianuración se emplearon el diseño factorial donde se evaluaron el tiempo, empleo de NaCN y pH en relación a las variables se tiene la recuperación del oro. El resultado obtenido se tiene para el oro entre 88.5% a 94% de

recuperación, donde se emplearon del orden de 6 kg/t de cianuro de sodio, y pH promedio de 12 en 120 horas. Concluyendo que el NaCN, pH y tiempo tienen un alto grado de prioridad en la recuperación del oro.

Sucapuca (2019) en su trabajo sobre “Optimizar la recuperación de oro y plata aplicando los procesos de flotación y cianuración a los relaves provenientes de los tratamientos gravimétricos en la zona de Las Lomas – Piura” presentado a la “Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, es un trabajo experimental. El trabajo realizado tiene dos fases, una la flotación y la otra la cianuración, para la flotación se realizaron la molienda para determinar el P80 en que tamaño se encuentra la partícula y su posterior flotación con el fin de determinar la recuperación, mientras que en la cianuración se evaluaron la pH y la concentración del cianuro para determinar su recuperación de los elementos de oro y de la plata. Se tiene el resultado en la flotación del orden del 96.44% para el oro y 70.07% para la plata cuando el P80 es de 76.83 um. Mientras que en la cianuración a un pH de 11 como resultado se llegó a 70.07% para el oro y 62.68% para la plata de recuperación, por otro lado, con una concentración de 1.25 g/L se recupera del 74.62% de oro. Concluyendo que el proceso de flotación cianuración no es viable técnicamente ya que la recuperación llega a un 64% de oro, mientras que con una mayor liberación con cianuración se tienen 90% de recuperación(pp.103-104).

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Molienda de minerales.

En esta etapa de reducción el mineral que ingresa a los molinos de bolas proveniente de las tolvas de fino ingresa en una granulometría 5mm a 250 mm, la reducción de los minerales se realiza a una velocidad de rotación de operación del molino con una carga moledora de bolas, agua y l mineral en tiempo prudencia, para una carga gruesa de producen entre 40 μm a 300 μm , mientras que una molienda fina entre 15 μm a 40 μm , una ultrafina menor a 15 μm (Wills et al., 2006).

La molienda de los minerales se realiza en ciertas condiciones con un porcentaje de solido tenga adherencia los sólidos las bolas y puedan ser fragmentado con una velocidad de operación que forme una cascada y catarata, en un tiempo prudencial de acuerdo si se desea producir molienda gruesa o molienda fina, con una carga de bolas que permita un trabajo optimo del molino.

El consumo de energía en la molienda este alrededor del 50% y para tener una adecuada liberación del mineral de las ganas es necesario una granulometría menos a 100 μm (Wills & Finch, 2016). Si en la molienda el objetivo es liberar el 75% a una determinada malla es necesario tener una relación del radio de reducción de 10 , por lo que si deseo producir menor a 100 μm el material que ingresa debe de esta en promedio del 1mm(Wills & Finch, 2016).

2.2.2. Variables en la molienda de minerales.

En la molienda las variables que interviene en el proceso operación se pueden tener en consideración los siguientes: velocidad de operación, porcentaje de carga moledor, porcentaje de solido o densidad de pulpa, granulometría de mineral, tiempo de molienda, carga circulante, etc(Porras Castillo, 1997).

2.2.3. Flotación de minerales.

Es un proceso donde intervienen la fuerza de atracción repulsión, proceso físico químico, hidratación donde en la concentración de minerales intervienen sus propiedades hidrofóbicas de los minerales rechazando una fuerza al agua y atraído por la superficie de la burbuja mientras que los las gangas son mojadas y evacuado a la parte inferior de las celdas, en este proceso intervienen 3 fases el mineral, agua y el aire(Porras Castillo, 1997). La mayoría de los minerales son hidrofílicos porque es necesario adicionar ciertos reactivos para poder cambiar la superficie del mineral que sean hidrofóbicos(Fuerstenau & Han, 2003).

Para que exista una adhesión de ciertos minerales primera mente se tiene que cambiar las condiciones del mineral a hidrofóbicos mediante la adición de un colector y para forma las burbujas se realiza mediante una agitación mecánica o neumática, luego darle estabilidad a las burbujas con la adicionar de los espumante(Fuerstenau & Han, 2003).

2.2.4. Variables de flotación de minerales.

Para la etapa de la flotación de las menas de interés se tiene que cumplir ciertas condiciones, por lo tanto estas condiciones llamado variables de flotación de los minerales las más importante son densidad de pulpa, granulometría, mineralogía, reactivos, pH de medio, agitación, aireación, tiempo de flotación(Azañero Ortiz, 2015).

2.2.4.1. Porcentaje de sólidos en la flotación.

En el proceso de concentración mediante la flotación el porcentaje de solido lo más conveniente de acuerdo los estudio realizados y la experiencia en planta se tiene entre 25% a 40% se solidos ocupando entre el 75% a 80% del volumen de la celda y la diferencia ocupado por el aire(Azañero Ortiz, 2015). En la concentración por flotación de menas de plomo tiene un rango de porcentaje de solido de entre 27% a 55% donde se incrementa una recuperación de 60% a 90% con una calidad de 27.5% a 29.1% de plomo(León Arroyo & Dianderas Mandujano, 2019).

2.2.4.2. Granulometría.

la flotación de los minerales tiene ciertas condiciones respecto a la granulometría del mineral, el tamaño de grano debe ser lo suficiente para ser adherida en las burbujas del aire este tamaño esta entre la malla 48 y la malla 800 lo que permite una flotación de los minerales superior a ello se tiene dificultad en la flotación por el tamaño de las partículas y los menores al rango establecido recubren forman lamas y recubren perdiéndose y incrementa el consumo de los reactivos(Azañero Ortiz, 2015).

2.2.4.3. Mineralogía.

La composición de los minerales en la flotación es importante para toma de decisiones en la selección de los reactivos a emplear, si el mineral está compuesto de sulfuros tiene una flotación más adecuado, mientras que los minerales óxidos, carbonatos, silicatos, sales solubles en el proceso de flotación lo hace más complejo porque lo que es necesario el empleo de reactivos para poder controlar, la presencia de minerales oxidas permite la pérdida de valores estos minerales oxidados son hidratados por lo tanto no son atraídos por las burbujas y son difíciles de flotar; por otra parte la asociación de los minerales nos condice realizar una molienda para liberación(Azañero Ortiz, 2015).

2.2.4.4. pH de medio de flotación.

Las condiciones del pH son importantes para la flotación de los minerales y depresión, el pH es muy sensible en el proceso donde a un pH determinado puede actuar la estabilidad del espumante, colección, depresión de los minerales sulfurados, cuando se modifica el pH el potencial zeta cambia y cuando es cero se tiene el punto isoléctrico, mientras que el potencial zeta es menor a 1 el pH es alcalina, en estas condiciones los colectores son estables(Yianatos B, 2005). La estabilidad del cianuro de sodio a un pH de 8.5 el 90% de encuentra como gas de cianuro de hidrogeno y a un pH de 9.3 el 50% se encuentra como ion de cianuro libre, mientras que a un pH de 10.2 el 90% se encuentra como ion de cianuro libre(Azañero Ortiz, 2015).

2.2.4.5. Aireación.

La presencia del aire en la flotación por su composición que tiene oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, gases raros, etc, de ellos solo el oxígeno y dióxido de carbono actúan en el proceso químicamente. El aire actúa para formar las burbujas y los espumante la dan estabilidad quienes se encargan de recolectar las partículas de mineral, luego conducirla a la parte superior de las celdas para ser evacuado por los labios(Azañero Ortiz, 2015). El flujo de aire debe estar entre 1.32 a 1.44 cm/s a una presión de 35 – 40 PSI(Pazmiño Carrillo, 2017).

2.2.4.6. Agitación.

El mecanismo de agitación mecánica de las celdas de flotación cumple una función primordial donde las partículas deben de estar en movimiento para una mezcla óptimo de las pulpa, donde el reactivo, mineral y las burbujas interactúan, esta agitación se tiene que tener en cuenta los circuito como para el rougher debe de tener una velocidad de agitación entre 1200 rpm a 1500 rpm, en el circuito de limpieza entre 800 rpm a 1000 rpm(Azañero Ortiz, 2015). En la “optimización de una celda de flotación minera”, se mejoró la recuperación con un flujo que incrementa la dispersión del gas en 19.95% a una velocidad de agitación entre 1420 a 1520 rpm(Pazmiño Carrillo, 2017).

2.2.4.7. Tiempo de Acondicionamiento y flotación.

El tiempo de la residencia de las partículas de los minerales dentro de las celdas de flotación pueden afectar la calidad del concentrado y la recuperación significativamente(Yianatos B, 2005). El control se puede realizar con la manipulación de las compuertas de las celdas en forma manual o control automático. El tiempo de acondicionamiento de los reactivos pueden estar entre 5 minutos a 30 minutos, mientras que el tiempo de flotación entre 5 minutos a 30 minutos con un promedio de 10 minutos a 15 minutos(Azañero Ortiz, 2015). En una flotación donde se emplea 5 minutos para el acondicionamiento de la pulpa, luego realizar una flotación de 15 minutos de minerales que

contenían oro y la plata se llegó a un concentrado del orden de 150.20 g/t y 85.51 g/t recuperación de oro de 59.11% y 67.35% respectivamente(Aramburú Rojas et al., 2007).

2.2.4.8.Reactivos para la flotación.

En la flotación de los minerales se emplean reactivos de flotación quienes cumplen una función específica, como colectores, espumantes, modificadores entre esto tenemos depresores, dispersante, activadores, modificador de pH, sulfurizante, floculantes, etc. Para un funcionamiento adecuado en la flotación se debe emplear colectores, espumante y modificadores con la finalidad de darle una condición adecuado de la flotación (Porras Castillo, 1997).

a) Colectores.

Son reactivos que cumplen la función de colectar los minerales valiosos, permitiendo modificar la superficie del mineral haciéndolo hidrofóbico, para que el mineral sea colectado por las burbujas. Entre los colectores ampliamente utilizado se tiene los xantatos Z-11, Z6 y los arefloat como A-3418, A-404, A-208. El xantato se emplea entre 5 a 100 g/t a una concentración al 10%(Sutulov, 1963). Por otra parte los aerofloat se emplean en forma puro o en una concentración entre 5 a 20% entre 5 g/t a 75 g/t(Day, 2002).

b) Espumantes.

Son reactivos que permite darle estabilidad a las burbujas en la flotación de minerales a un determinado pH, estos reactivos son compuestos orgánicos de carácter heteropolar(Sutulov, 1963). Los espumantes empleados tenemos MICB, F70, D250, aceite de pino, etc. La dosificación el F70 es del orden de 5 a 100 g/t en forma pura(Day, 2002).

c) Modificadores.

Son reactivos que cambian las condiciones del mineral y del medio entre ellos tenemos activadores, depresores, modificadores de pH, sulfurizante, dispersante, floculante, etc(Wills et al., 2006).

- **Activadores.**

Son sustancias inorgánicas que permiten cubrir la superficie del mineral para modificar y sean atraído por la burbuja, que fueron deprimido por acción de los depresores entre ellos tenemos” sulfato de cobre, nitrato de plomo, NaSH, etc” los depresores empleados (Porras Castillo, 1997).

- **Depresores.**

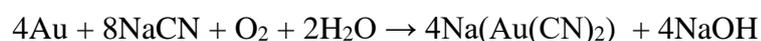
Compuestos inorgánicos que actúan como modificador de la superficie de los minerales no deseados haciéndolo hidrofílicos para que tenga una afinidad con el agua de esa manera puede ser evacuado por la parte inferior de la celda los minerales conocido como ganga. Los reactivos depresores tenemos “sulfato de zinc, cianuro de sodio, sulfuro de sodio, metabisulfito de sodio, óxido de cal”, etc, la dosificación de estos reactivos a una concentración del 10% y en función de la presencia de los minerales no deseadas(Azañero Ortiz, 2015).

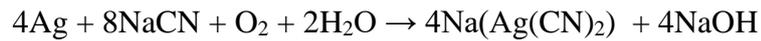
- **Modificador de pH.**

Los reactivos modificadores de pH están sujetos a que pH se va a realizar la flotación de los minerales si deseamos trabajar a un pH ácido se emplea ácido sulfúrico, para trabajar en un medio alcalino se tiene óxido de calcio, carbonato de sodio, hidróxido de sodio(Sutulov, 1963).

2.2.5. Cianuración de minerales.

En el proceso de la cianuración debe estar presente el oro y plata intervienen el oro, cianuro de sodio, oxígeno y el agua, para producir cianuro de sodio áurico, cianuro de sodio plata e hidróxido de sodio. La reacción ampliamente reconocida en el proceso de cianuración es de Elsner publicado en 1846, posteriormente ratificado por Bodlander en 1896(Misari Chuquipoma, 2010) quedando la siguiente:





Este proceso de cianuración para el oro ocurre en forma instantánea por ello se puede emplear en un medio ambiente solo con el control de pH en medio básico entre 10 a 11 para no perder el cianuro en forma de cianuro de hidrogeno en forma de gas.

2.2.6. Variables en la cianuración de minerales.

Las variables que se tiene en consideración en la cianuración de los minerales son fuerza de NaCN, tiempo, pH, porcentaje de solido o densidad de pulpa, mineralogía, liberación del mineral, agitación, oxígeno, temperatura, etc (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991). En el proceso de la lixiviación de los minerales tiene efecto los agentes oxidante, granulometría del mineral, concentración de mineral, temperatura, agitación son aquellos variables que intervienen en la disolución y alto recuperación en un periodo de 24 horas en el proceso de agitación(Torres et al., 2018).

2.1.1.1. Fuerza de cianuro.

La concentración del cianuro en la lixiviación de minerales, con el propósito de extracción de oro y plata está en un rango de 0.05% a 0.25% de acuerdo la presencia de oro y plata y los componentes consumidores que se encuentran en el mineral del cianuro (Misari Chuquipoma, 2010). En la lixiviación mediante la cianuración de minerales oxidados con un 0.12% en un periodo de 40 horas se tiene 90.73% de recuperación de oro con un consumo de 3.63 kg/t, mientras que con un 0.15% en un periodo de 24 horas se tiene del orden de 66.52% de extracción de oro empleando de 5.91 kg/t NaCN (Minaya et al., 2017). Por otra parte en un rango de 0.1% a 0.2% de fuerza de cianuro, entre 10.5 a 11 de pH se obtuvo superior del 90% de extracción del oro(Arce Lopez & Cano Alpaca, 2020).

2.1.1.2. Tiempo de cianuración.

El tiempo de cianuración de los minerales este sujeto al tamaño de las partículas, ley de mineral y su composición que pueden variar entre 24 horas a 72 horas en las pruebas

metalúrgicas, mientras que en un proceso real se tiene entre 80 horas a 120 horas. En un periodo de cianuración de 72 horas se obtuvo recuperación entre 91.67% y 90.42% de oro (Flores Mamani, 2019).

2.1.1.3. Densidad de pulpa.

La densidad de pulpa en el proceso de cianuración por agitación puede variar en un rango entre 1200 g/L a 1450 g/L este rango es muy amplio, en uno los trabajos realizados se encontró que en el 1450 g/l y 1250 g/L se obtuvo una recuperación 85.79% y 94.63% respectivamente(López Rosello, 2013).

2.1.1.4. Liberación de mineral.

La liberación del mineral para la cianuración por agitación debe estar en función a la asociación del mineral con otros minerales y el encapsulamiento de oro a que tamaño se encuentra de acuerdo los trabajos realizados esto debe ser 80% pasante a la malla 200(Uceda Herrera, 2016). Con una liberación el 100% menor 74 μm se obtuvo una extracción entre 91.67% y 90.42% de oro(Flores Mamani, 2019). En el “efecto de la moliendabilidad en la cinética de la cianuración de pre concentrado de Cu-Au” para una molienda pasante el 96% a 74 μm se obtuvo una recuperación mayor al 95% de oro(Barzola et al., 2011).

2.1.1.5. Agitación de cianuración.

La velocidad de agitación es importante para que el mineral más el agua tenga una buena densidad de pulpa, para que el cianuro de sodio tenga su contacto con los otros como el oro y el oxígeno. La velocidad de cianuración de pulpa de mineral realizado a 300 rpm se tiene una extracción del orden del 95.75% y a 550 rpm se obtuvo el 90.74% de recuperación de oro por lo que la velocidad de agitación influye en la recuperación a una velocidad prudencial(Romero & Flores, 2010).

2.1.1.6. Aireación oxigenación.

En la extracción del oro mediante la cianuración es indispensable la presencia del oxígeno para la disolución que pueden ser en forma pura o mezclado como el aire que se pueden inyectar en forma natural por acción la velocidad de las agitación o forzado mediante una compresora, este rango se debe encontrar en una concentración de 14 a 28 mg de oxígeno(O₂) por litro(Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991). Con una concentración inyección adicional en los tanques de cianuración “7.30 mg/L de oxígeno se tiene una recuperación 99.1% mientras con una 6.68 mg/L se tiene una recuperación del orden de 97.80% de oro”(Gonzales Salazar & Bravo Jara, 2021).

2.1.1.7. pH.

El medio de la solución en la cianuración para la extracción oro y plata el pH que se realiza en la cianuración por agitación tiene un rango entre 10 a 11 para mantener el cianuro de sodio en la solución, si el pH es menor a este rango el cianuro de sodio se pierde como gas ácido cianhídrico o cianuro de hidrogeno, mientras que cuando es mayor a ello se disminuyó la extracción de oro y plata del mineral, cuando el pH se encuentre en 10.5 a 11 a una densidad de 1250 g/L, se llega a una disolución del orden del 90% de oro(Arce Lopez & Cano Alpaca, 2020).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) **Flotación:** Es la forma de separar en un medio donde hay una mezcla de agua y el sólido por medio de la espuma donde los minerales valiosos se separan de las gangas por un proceso físico química donde intervienen 3 componentes el agua, aire y el sólido.
- b) **Cianuración:** Es una forma de extraer el oro y la plata que se encuentra en forma solido en los minerales por la acción del cianuro de sodio que se encuentras disuelto en el agua en un pH básico.
- c) **Liberación:** Es un proceso donde se separan los minerales mediante la molienda en un medio donde se tiene el mineral, agua, medio moledora a una velocidad de operación del molino.
- d) **Composito:** Es una mezcla de minerales de diferentes leyes que tengan una característica similar para poder realizar una dilución y ser procesado mediante la flotación o cianuración.
- e) **Calidad:** Es la presencia de un elemento metálico o componente mineralógico en un mineral a mayor presencia tendrá una calidad y a menor presencia menor calidad.
- f) **Alta presión:** Es una presión que supera la presión atmosférica que se aplica en un proceso de lixiviación.
- g) **Autoclave:** Es un equipo construido de metal que permite trabajar con alta presión y temperatura para realizar reacciones químicas con la finalidad extraer los elementos metálicos de un mineral.
- h) **Recuperación:** Es la que se ha obtenido mediante la flotación o cianuración de elemento metálico respeto a lo que existía en una cantidad de mineral expresado en porcentaje.
- i) **Tiempo:** Es el espacio empleado en la molienda y flotación de los minerales, mientras que en la cianuración es el espacio de disolución de los elementos metálicos.
- j) **Concentración gravimétrica:** Es la separación de los minerales por mediante una fuerza centrífuga o gravitacional aprovechando su gravedad especifica.

- k) **Concentración por flotación:** Es la separación por espuma de los minerales valiosos hidrofóbicos que son recolectados o atraídos por las espumas, luego conducido a la parte superior de las celdas para ser evacuado a las canaletas de las celdas.
- l) **Consumo de cal:** Es el peso empleada de Cal (CaO) que se consume en razón de mineral expresado en gramo, kilogramo de cal por tonelada de mineral g/t, g/kg, kg/t.
- m) **Consumo de cianuro de sodio:** Es el peso empleado del cianuro de sodio (NaCN) que se consume en razón de mineral expresado en gramo, kilogramo por tonelada de mineral g/t, g/kg, kg/t.
- n) **Molienda:** Es la liberación del mineral en los molinos donde intervienen el mineral, tiempo, carga moledora y la velocidad de molienda.
- o) **Moliendabilidad:** Es una prueba metalúrgica de molienda de minerales en diferentes tiempos con la finalidad de encontrar un modelo matemático para proyecta la liberación del mineral en el tiempo.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

Empleando la flotación y cianuración de composito de minerales se podrá evaluar la influencia en la recuperación de oro y plata.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

Con una liberación de composito de mineral para la concentración gravimétrica e flotación influye en la recuperación de oro y plata.

El tiempo empleado en la flotación de composito de mineral influye en la calidad de concentrado de oro y plata.

La liberación de composito de mineral en la cianuración influye en la recuperación de oro y plata.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

En el proceso de operacionalización respecto a “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”.

Tabla 1
Operacionalización de las variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Flotación y cianuración	El proceso de concentración por flotación permite concentrar o elevar la presencia de los minerales de interés, mientras que la cianuración permite extraer los metales del mineral a la solución acuosa como cianuro áurico y cianuro de plata.	<ul style="list-style-type: none"> •-200m •Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> - %. - Minuto, Hora.
Dependiente			
Recuperación	Es la cantidad de minerales o elementos metálicos que se concentra o extrae de la masa original expresado en porcentaje.	<ul style="list-style-type: none"> •Calidad •Recuperación •Consumo NaCN, CaO 	<ul style="list-style-type: none"> - g/T - % - g/kg
Intervinientes			
Componentes que afecta el proceso	Son las condciones que interactúan en la flotación e cianuración que no son controlados en el proceso.	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de pulpa - Agitación. - pH - ley de cabeza. - Oxigeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - g/L - rpm. - g/t. - mg/L.

Capítulo III

Metodología

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

Respecto al trabajo realizado tiene como objetivo resolver un problema por lo tanto el tipo de investigación es aplicada ya que, las pruebas a realizar pretenden obtener datos para aplicar a un proceso real. La investigación aplicada es la aplicación “a problemas concretas, en circunstancias y características concretas”(Rodríguez Moguel, 2005).

3.1.2. Nivel de Investigación.

El presente estudio realizado es experimental ya que se pretende estudiar la causa de los variables en estudio y ver su efecto con ello su nivel de investigación es explicativa, la investigación explicativa “tiene como fundamento la prueba de la hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o el contraste de leyes o principios científicos”(Bernal Torres, 2006,p.169).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

En el presente estudio realizado tiene su diseño es experimental, porque las variables independientes se manipularán para observar los resultados o variables dependientes, para luego ser analizado. “Es un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o dos variables independientes causa, para analizar la consecuencia de la manipulación que tiene una o más variables dependientes efecto”(Gómez, 2006,p.87)

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

En el estudio a realizado se aplicará el enfoque numérico o cuantitativo, la información que se maneja numérica en el trabajo experimental donde se “utiliza métodos y técnicas cuantitativas con la medición, uso de magnitudes, observación y medición de unidades de análisis, el muestreo y el tratamiento estadístico”(Paitán et al., 2014,p.97).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

El mineral empleado en el estudio sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata” es la veta del mineral aurífero, localizada valle fortaleza en el distrito de Antonio Raymodi, en la provincia de Bolognesi, y Departamento de Ancash con coordenadas UTM latitud -10.162149 longitud -77.514949(*Google Earth*, 2021).

3.2.2. Muestra de la Investigación.

La muestra que se emplearon en la investigación sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata” se extraerá de las vetas aproximadamente 50 kg, luego se llevará al laboratorio para ser la reducción y la preparación de muestra, cada muestra tendrá un peso aproximadamente 1 kg para las pruebas, se empleara el método de cuarteo o muestra aleatorio simple(Alberto Yuni & Ariel Urbano, 2007).

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.3.1. Técnicas a emplear recolección de datos.

Respecto a la “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”, el empleo de la técnica en el trabajo realizado es la observación ya que la información de los datos se registrará de las pruebas experimentales antes, durante y después del proceso. La “observación es una técnica de recopilación de datos que consiste en registrar el comportamiento de individuo o grupo desde dentro durante la recopilación de datos”(Sánchez Puentes, 2000).

3.3.2. Descripción de los Instrumentos.

En la recopilación de la información del estudio de investigación sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata” se empleará el instrumento de observación la lista de cotejo, es un instrumento para registrar datos mediante tablas donde se

van a registrar la información de acuerdo la observación(Silvestre Miraya & Huamán Nahula, 2019)

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.

Los datos obtenida de las pruebas experimentales respecto a “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata” se emplearon la matemática, la estadística descriptiva y paramétrica(Silvestre Miraya & Huamán Nahula, 2019), mediante el proceso electrónico mediante el empleo del Excel y programas estadísticas de acceso libre como Minitanb 19 y jamovi para procesar datos mediante tablas, gráficos, desviación, promedio, etc(Tafur, 2015).

3.5. Matriz de Consistencia.

Tabla 2

Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicador	Metodología
Generales	¿En qué medida la flotación y cianuración de composito de minerales tendrá influencia en la recuperación de oro y plata?	Evaluar la flotación y cianuración de composito de minerales como influye en la recuperación de oro y plata.	Empleando la flotación y cianuración de composito de minerales se podrá evaluar la influencia en la recuperación de oro y plata.	<u>Independiente</u> • Flotación y cianuración	• -200m • Tiempo	<u>Tipo de investigación:</u> Aplicada
				<u>Dependiente.</u> Recuperación	% Au, % Ag	<u>Nivel de Investigación:</u> Explicativa
Específico	- ¿En qué medida la liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica y flotación influye en la recuperación de oro y plata?	Evaluar la liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica e flotación como influye en la recuperación de oro y plata.	Con una liberación de composito de mineral para la concentración gravimétrica e flotación influye en la recuperación de oro y plata.	<u>Independiente</u> - Liberación, concentración	%-200	<u>Diseño de Investigación:</u> Experimental
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación	%Au, %Ag	<u>Enfoque de Investigación:</u> Cuantitativa
	¿En qué medida el tiempo de flotación de composito de mineral influye en la calidad de concentrado de oro y plata?	Evaluar el tiempo de flotación de composito de mineral como influye en la calidad de concentrado de oro y plata.	El tiempo empleado en la flotación de composito de mineral influye en la calidad de concentrado de oro y plata.	<u>Independiente</u> - Tiempo	Minuto	<u>Población Muestra:</u> 1 kg de mineral
				<u>Dependiente.</u> - Calidad concentrado	de g/t Au, g/t Ag	<u>Técnica Recolección Datos:</u> observación
	¿En qué medida la liberación de composito de mineral en la cianuración influye en la recuperación de oro y plata?	Evaluar la liberación de composito de mineral en la cianuración como influye en la recuperación de oro y plata.	La liberación de composito de mineral en la cianuración influye en la recuperación de oro y plata.	<u>Independiente</u> - '200m	%	<u>Técnica Procesamiento Información:</u> Estadístico descriptiva paramétrica
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación	%Au, %Ag	

Capitulo IV

Resultados

4.1. Analisis de Resultados.

4.1.1. Condiciones de trabajo.

Las condiciones de la cianuración y flotación de composito de minerales con presencia de oro se realizó en primer momento una cianuración de simple con una molienda y remolienda con los siguientes parámetros que se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3

Condiciones de pruebas de cianuración de composito de minerales auríferos

Primera prueba		Segunda prueba	
D(dilución)	1.5	D(dilución)	1.5
CaO	2.8 kg/t	CaO	6.8 kg/t
NaCN	2.6 kg/t	NaCN	3.5 kg/t
Mineral	1000 g	Mineral	1000 g
%-200m (75 µm)	83 %	15 µm	80 %
Fuerza NaCN	0.1 %	Fuerza NaCN	0.1 %
Tercera prueba		Cuarta prueba	
D(dilución)	1.5	D(dilución)	1.5
CaO	1.8 kg/t	CaO	7.9 kg/t
NaCN	1.5 kg/t	NaCN	1.8 kg/t
Mineral	1000 g	Mineral	1000 g
%-200m (75 µm)	86 %	15 µm	85 %
Fuerza NaCN	0.1 %	Fuerza NaCN	0.1 %

En la table 3 se tiene las condiciones de la cianuración se tiene una dilución de 1.5 en las cuatro pruebas, fuerza de cianuro de 0.1%, la liberación del mineral para cada prueba se tiene primera prueba 83% menor a 75 µm, en la segunda prueba el 80% es menor a 15 µm, en la tercera prueba 86% menor a 75 µm y el 85% pasante a la 75µm.

Tabla 4*Peso de muestra y leyes.*

Blending 1				Blending 2			
Muestra N°	Peso g	Au g/t	Au g	Muestra N°	Peso g	Au g/t	Au g
1	2340	16.1	0.0377	1	3960	12	0.0475
2	4680	7.32	0.0343	2	4800	14.9	0.0715
3	3980	1.93	0.0077	3	2880	26	0.0749
4	3860	7.73	0.0298	4	2640	28.1	0.0742
5	3860	1.81	0.0070	5	960	43	0.0413
				6	3600	18.8	0.0677
	18720	6.22	0.1164		18840	20.01	0.3771

En la table 4 las leyes promedio de oro de los lotes es de 6.22 g/t para el blending 1 y del orden de 20.01 g/t para el blending.

Tabla 5*Reporte de laboratorio de la mezcla de cada lote*

	Ag g/t	Au g/t	ppm Cu	% Fe	% C	% S
Blending 1	2.40	6.38	70.00	2.00	0.01	6.40
Blending 2	3.40	19.84	74.00	4.00	0.01	5.70

En la table 5 las leyes en promedio de oro son de 6.38 g/t para el blending 1 y 19.84 g/t para el blending 2, respecto a la ley de plata es de 2.40 g/t primer lote y de 3.4 g/t, para el lote 2.

4.2.Resultados de las pruebas de concentración y cianuración de composito de mineral.

4.2.1. liberación de composito de mineral en la concentración gravimétrica e flotación y su recuperación de oro y plata.

En la concentración gravimétrica, flotación y cianuración se tiene una mezcla conocido como blending1 y blending2 con una liberación del 70%, 82% pasante a la malla 65 para la concentración gravimétrica tabla 6 y 7; en la cianuración se realiza a una liberación pasante del 83%, 86% pasante a la malla 200 en la tabla 8 y 9; en la flotación a una liberación de 59% pasante a la malla 200 tabla 10.

Tabla 6
Concentración gravimétrica 70% (-65m)

	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	2.50	6.61	0.01250	0.03304	100	100
Concentrado	306.75	4.03	7.50	0.00124	0.00230	9.89	6.96
Relave	4693.25	2.40	6.55	0.01126	0.03074	90.11	93.04
Cab. Cal.	5000	2.50	6.61	0.01250	0.03304	100.00	100.00

En la tabla 6 la concentración por gravimetría se tiene la calidad de 4.03 g/t de plata, 7.50 g/t de oro con una recuperación del orden de 9.89%, 6.96% respectivamente. Mientras que en el relave se tiene el 90.11% de plata y 93.04% de oro.

Tabla 7
Concentración gravimétrica 82% (-65m)

	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	6.38	18.92	0.03190	0.09462	100	100
Concentrado	187.56	16.90	36.74	0.00317	0.00689	9.94	7.28
Relave	4812.44	5.97	18.23	0.02873	0.08773	90.06	92.72
Cab. Cal.	5000	6.38	18.92	0.03190	0.09462	100.00	100.00

En la tabla 7 la concentración por gravimetría se tiene la calidad de 16.90 g/t de plata, 36.74 g/t de oro con una recuperación del orden de 9.94%, 7.28% respectivamente. Mientras que en el relave se tiene el 90.06% de plata y 92.72% de oro.

Tabla 8*Cianuración de minerales 83% (-200m)*

	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.697	6.672	0.0027	0.0067	100.00	100.00
Solución	1500	0.0005	0.0003	0.0007	0.0004	26.59	5.73
Relave	1000	1.9800	6.2900	0.0020	0.0063	73.41	94.27
Cab. Cal.	1000	2.6970	6.6722	0.0027	0.0067	100.00	100.00

En la tabla 8 en la cianuración se tiene una recuperación del orden de 26.59% de plata, 5.73% de oro respectivamente. Mientras que en el relave se tiene el 73.41% de plata y 94.27% de oro.

Tabla 9*Cianuración de minerales 86% (-200m)*

	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	6.3820	19.5722	0.0064	0.0196	100.00	100.00
Solución	1500	0.0005	0.0005	0.0008	0.0007	12.41	3.49
Relave	1000	5.5900	18.8900	0.0056	0.0189	87.59	96.51
Cab. Cal.	1000	6.3820	19.5722	0.0064	0.0196	100.00	100.00

En la tabla 9 en la cianuración se tiene una recuperación del orden de 12.41% de plata, 3.49% de oro. Mientras que en el relave se tiene el 87.59% de plata y 96.51% de oro.

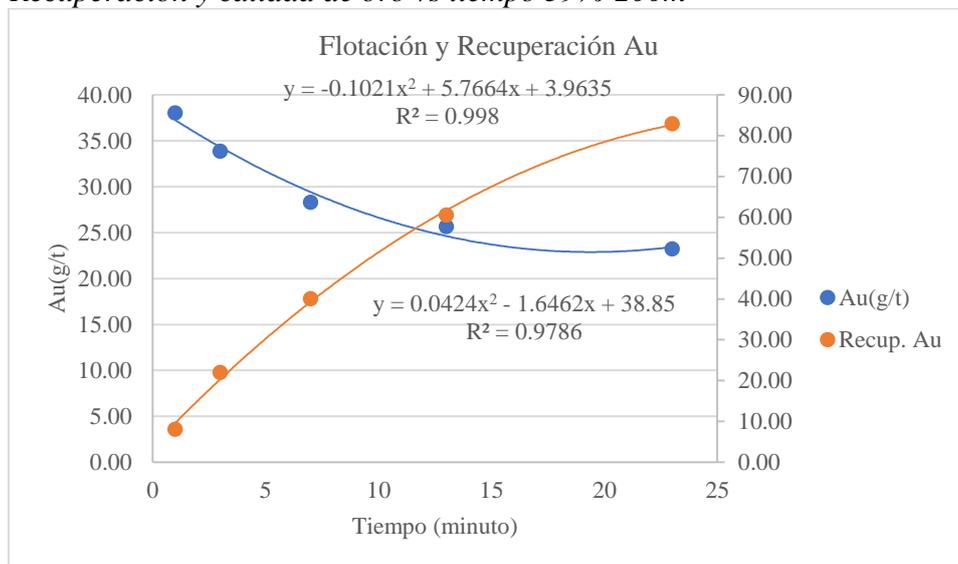
Ag(g/t)	Au(g/t)	%Fe	%S
3.80	6.04	2.10	5.70

Tabla 10*Flotación de oro y plata a pasante del 59% -200m.*

Tiempo (min)	Peso g	Ag(g)	Ag(g/t)	Recup. Ag	Au(g)	Au(g/t)	Recup. Au
1	27.40	0.00057	20.70	7.64	0.0010	38.00	8.09
3	80.40	0.00152	18.92	20.49	0.0028	35.25	22.02
7	162.50	0.00279	17.14	37.53	0.0052	31.74	40.07
13	265.10	0.00428	16.16	57.71	0.0078	29.39	60.52
23	389.00	0.00596	15.31	80.24	0.0107	27.42	82.86
	389.00	0.00596	15.31		0.0107	27.42	

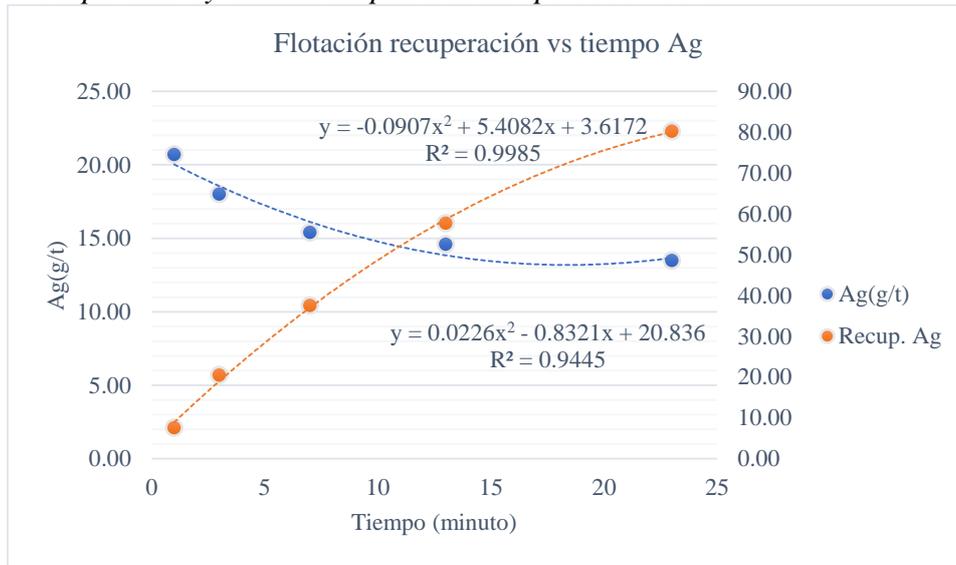
En la tabla 10 la flotación del oro y plata se tiene una calidad en 7 minutos se tiene 17.14 g/t con una recuperación de 37.53% de plata, en 13 minutos se tiene 16.16 g/t con una recuperación de 57.71%, para 23 minutos se tiene una calidad de concentrado de 15.31 g/t con una recuperación de 80.24%. La calidad de 31.74 g/t con una recuperación de 40.07% en 7 minutos para el oro, en 13 minutos se tiene 29.39 g/t de calidad con una recuperación de 60.52% y en 23 minutos se tiene 27.42 g/t con una recuperación del orden de 82.86% de oro.

Figura 1
Recuperación y calidad de oro vs tiempo 59%-200m



En la figura 1 se tiene la curva de presencia de oro en el concentrado en relación del tiempo, obteniendo un modelo matemático: $\text{Calidad (g/t Au)} = 0.0424(\text{t. minuto})^2 - 1.6462(\text{t. minuto}) + 38.82$ con un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9786$. mientras que la curva de la Recuperación (% Au) = $0.1021(\text{t. minuto})^2 + 5.7664(\text{t. minuto}) + 3.9636$ para un $R^2 = 0.998$.

Figura 2
Recuperación y calidad de plata vs tiempo 59%-200m



En figura 2 respecto la línea de la curva de presencia de la plata en el concentrado en relación del tiempo está relacionada a modelo matemática: Calidad (g/t Ag) = $0.0226(t. \text{ minuto})^2 - 0.8321(t. \text{ minuto}) + 20.836$ con un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9445$. mientras que la curva de la Recuperación (% Ag) = $0.097(t. \text{ minuto})^2 + 5.4082(t. \text{ minuto}) + 3.6172$ con un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9985$.

Tabla 11
Recuperación por concentración gravimétrica, flotación y cianuración de oro plata

Proceso		Liberación		Ley Cabeza		Concentrado		Recuperación	
		%- 65m	%- 200m	g/t Ag	g/t Au	g/t Ag	g/t Au	Ag	Au
Concentración gravimétrica	Blending 1	70		2.50	6.61	4.03	7.50	9.89	6.96
	Blending 2	82		6.38	18.92	16.90	36.74	9.94	7.28
Flotación	Blending 1		59	3.80	6.04	15.31	27.42	80.24	82.86
	Blending 2								
Cianuración	Blending 1		83	2.6970	6.6722	0.0005	0.0003	26.59	5.73
	Blending 2		86	6.3820	19.5722	0.0005	0.0005	12.41	3.49

En la tabla 11 se tiene concentración de gravimétrico pasante a la malla 65 del 70% tiene una recuperación 9.89% de plata, 6,96% de oro, para una liberación de 82% a la malla 82% de 9.94% de plata y 7.28% de oro. En la flotación con una liberación del 59% menor a la

malla 200, se tiene una calidad de 15.31 g/t plata, 27,42 g/t oro se tiene una recuperación del orden de 80.24% y 82.86% respectivamente. En la cianuración a una liberación del 83% pasante a la malla 200 se tiene una recuperación de 26.59% de plata y 5.73% de oro, para una granulometría del 86% menor a la malla 200 es de 12.41% de plata y 3.49% de oro de recuperación.

4.2.2. El tiempo de flotación de composito de mineral y la calidad de concentrado de oro y plata.

La flotación de los minerales auríferos a diferentes porcentajes pasante a la malla 200 se detalla en la tabla 12 y 13, y las figuras 3 y 4.

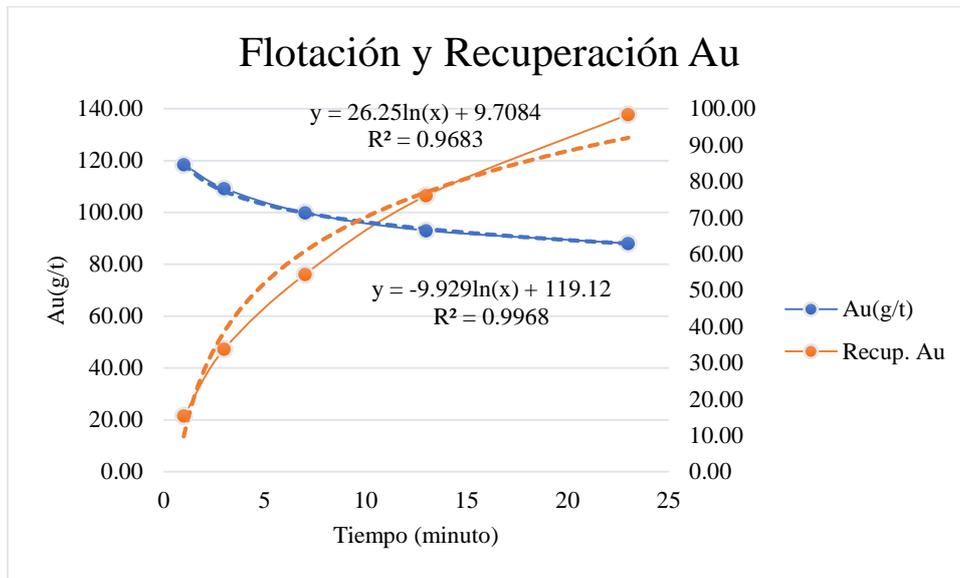
Ag(g/t)	Au(g/t)	%Fe	%S
6.70	18.85	4.00	5.00

Tabla 12
Flotación de oro y plata a pasante del 60% -200m.

Tiempo (min)	Peso g	Ag(g)	Ag(g/t)	Recup. Ag	Au(g)	Au(g/t)	Recup. Au
1	88.70	0.00213	24.00	12.95	0.0105	118.49	15.39
3	211.20	0.00485	22.96	29.50	0.0231	109.30	33.80
7	371.80	0.00803	21.59	48.84	0.0371	99.91	54.40
13	558.20	0.01155	20.69	70.27	0.0519	93.04	76.06
23	763.50	0.01566	20.51	95.25	0.0672	88.05	98.44

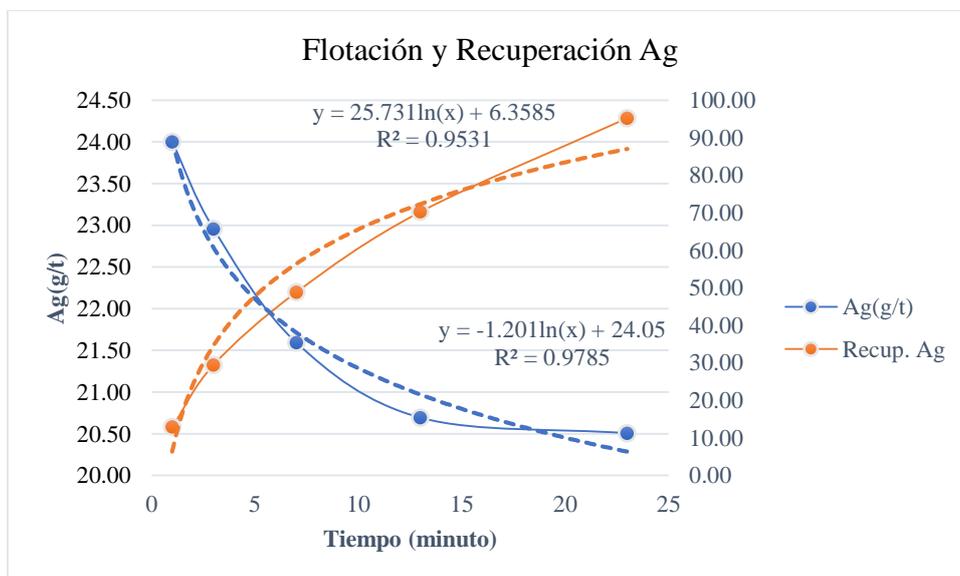
En la tabla 12 se tiene una recuperación de 95.25% con calidad de 20.51 g/t de plata y del 98.44% con 88.05 g/t de calidad de oro en 23 minutos. En un tiempo de 13 minutos se tiene una calidad de 20.69 g/t de plata, 93.04 g/t de oro con una recuperación de 70.27% y 76.06% respectivamente.

Figura 3
Recuperación calidad de oro vs tiempo 60%-200m



En la figura 3 respecto a la recuperación de oro y la calidad, se ajusta a la curva de grado de calidad a medida que pasa el tiempo decrece, mientras que la recuperación crece y está relacionado matemáticamente para la calidad es Ley $(g/t \text{ Au}) = -9.929\ln(t \text{ minuto}) + 119.12$, con un coeficiente correlación al cuadro de $R^2 = 0.9968$. Para la recuperación tiene la relación matemática de $\text{Recuperación}(\% \text{ Au}) = 26.25\ln(t \text{ minutos}) + 9.7084$ y el coeficiente de correlación $R^2 = 0.9683$.

Figura 4
Recuperación calidad de plata vs tiempo 60%-200m



En la figura 4 respecto a la recuperación de plata y la calidad, se ajusta a la curva de grado de calidad a medida que pasa el tiempo decrece, mientras que la recuperación crece y está relacionado matemáticamente para la calidad es $Ley (g/t Ag) = -1.202 \ln (t \text{ minuto}) + 24.05$, con un coeficiente correlación al cuadro de $R^2 = 0.9785$. Para la recuperación tiene la relación matemática de $Recuperación(\%Ag) = 25.731 \ln (t \text{ minutos}) + 6.3585$ y el coeficiente de correlación $R^2 = 0.9531$.

Tabla 13
Recuperación de oro y plata vs liberación del mineral

%-200m	Cab. Ag g/t	Cab. Au g/t	Conc. Ag g/t	Conc. Au g/t	%Fe	%S	%Recup. Ag C	% Recup. Au C
81	3.53	6.38	20	33.83	11.2	17.6	47.58	44.58
88	5.26	18.82	23.4	91.41	23.1	17.4	66.72	72.87
96	3.31	7.66	18.2	39.03	11.7	16.1	68.82	63.71
98	3.53	19.41	19.3	107.2	27.8	20.4	62.86	63.53

En la tabla 13 se tiene la presencia y su recuperación de oro y plata en respecto al grado de molienda del 81% menor a la malla 200 se tiene una recuperación 47.58% para la plata y 44.58% para el oro; para una tamaño del 88% menor a la malla 200 se tiene una recuperación 66.72% para la plata y 72.87% para el oro; para una molienda del 96% menor a la malla 200 se tiene una recuperación 68.82% para la plata y 63.82% mientras que para una granulometría del 98% menor a la malla 200 se obtiene extracción del 62.86% para la plata y 63.53% para el oro.

Tabla 14*Balance de metalúrgico para liberación del mineral pasante del 98% a la malla 200*

Producto	Peso g	Contenido metálico			
		Ag g	Au g	g Fe	g S
Cabeza	1000	0.0035	0.0194	46.80	42.90
Cleaner	115	0.0022	0.0123	31.97	23.46
Medio	78	0.0006	0.0031	5.15	4.91
Rougher	194	0.0028	0.0155	37.25	28.52
Relave	807	0.0007	0.0040	9.68	14.53
Cab. Cal.	1000	0.0035	0.0194	46.80	42.90

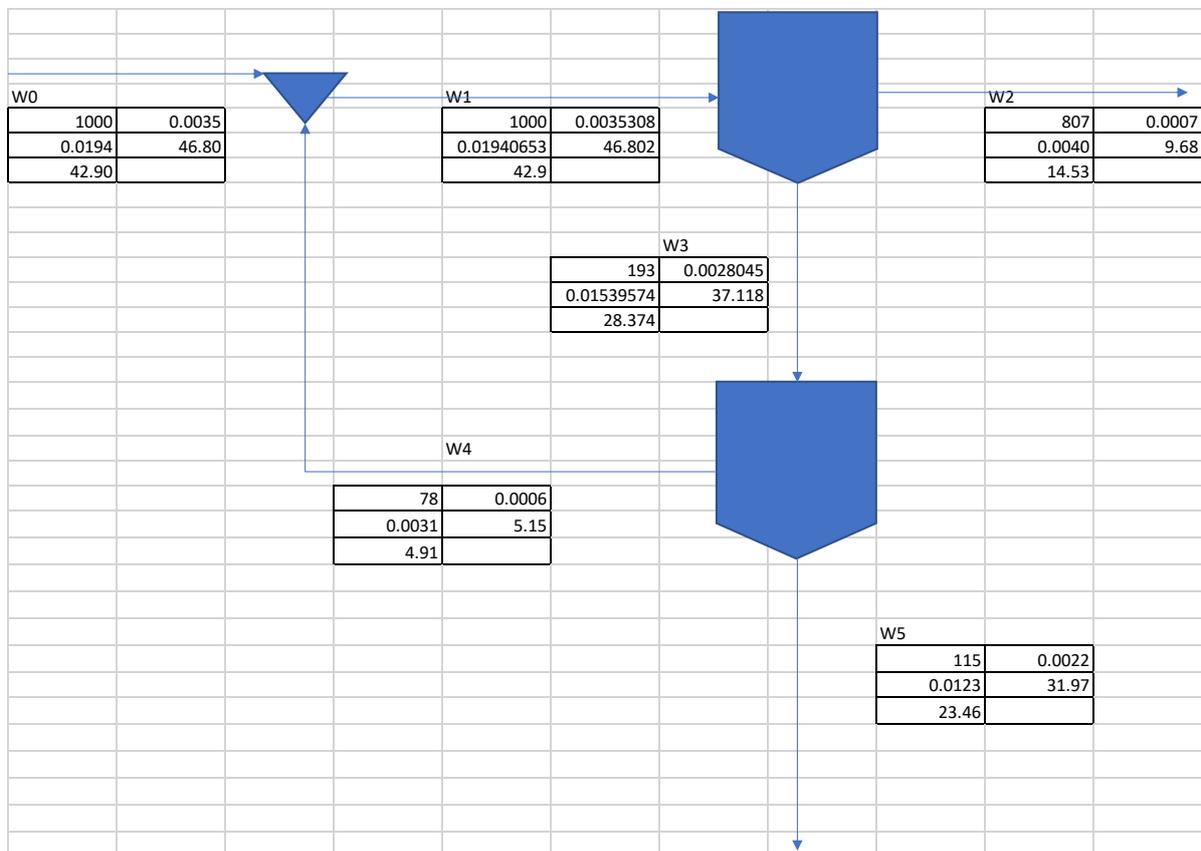
Figura 5*Diagrama de flujo y balance del circuito de flotación pasante del 98% a la malla 200*

Figura 6

Simulación con Split Factor de la carga para una liberación del 98% a la malla 200

	S1	S2							
Mineral	0.193	0.404							
Plata	0.794	0.209							
Oro	0.793	0.199							
Hierro	0.793	0.139							
Azufre	0.661	0.173							
1000	S1	S2							
Mineral	0.1930	0.4041451							
	W1	W2	W3	W4	W5	W0			
W1	1.000	0.000	-0.404	0.000	0.000	1000.000			
W2	-0.807	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
W3	-0.193	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000			
W4	0.000	0.000	-0.404	1.000	0.000	0.000			
W5	0	0	-0.5958549	0	1	0			
	W1	W2	W3	W4	W5	W0			
W1	1.08	0.00	0.44	0.00	0.00	1000.000	W1	1084.60	
W2	0.88	1.00	0.35	0.00	0.00	0.000	W2	875.27	
W3	0.21	0.00	1.08	0.00	0.00	0.000	W3	209.33	
W4	0.08	0.00	0.44	1.00	0.00	0.000	W4	84.60	
W5	0.12	0.00	0.65	0.00	1.00	0.000	W5	124.73	

Figura 7

Diagrama de flujo y balance del circuito de flotación pasante del 98% a la malla 200 resultado de la simulación.

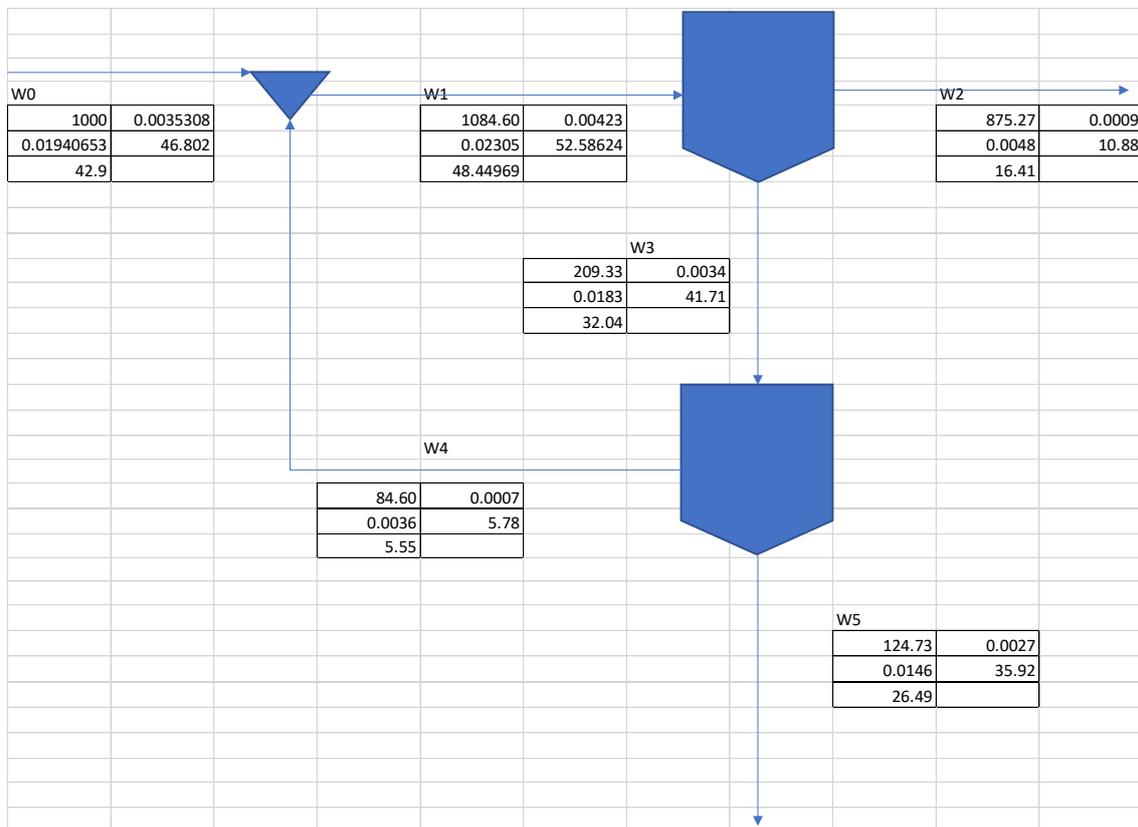


Tabla 15*Balance de metalúrgico de la simulación pasante del 98% a la malla 200*

Producto	%Peso	Peso g	Ley			
			Ag g/t	Au g/t	%Fe	%S
Cabeza	100	1000	3.53	19.41	4.68	4.29
Cleaner	12.473	124.73	21.33	117.40	28.80	21.24
Relave	87.53	875.27	0.99	5.44	1.24	1.87
Cab. Cal.	100.00	1000.00	3.53	19.41	4.68	4.29

Producto	Contenido metálico				Distribución		
	Au g	g Fe	g S	Ag	Au	Fe	S
Cabeza	0.0194	46.80	42.90	100	100	100	100
Cleaner	0.0146	35.92	26.49	75.34	75.45	76.75	61.76
Relave	0.0048	10.88	16.41	24.66	24.55	23.25	38.24
Cab. Cal.	0.0194	46.80	42.90	100.00	100.00	100.00	100.00

En la tabla 15 la calidad de concentrado es de 21.33 g/t con una recuperación del orden de 75.34% para la plata, mientras que del orden de 117.40 g/t con recuperación de 75.45% para el oro para una ley de cabeza de 3.53 g/t de plata y 19.41 g/t de oro.

Tabla 16*Recuperación de oro y plata vs liberación del mineral de la simulación*

% -200m	Cab.	Cab.	Conc.	Conc.	%Fe	%S	%Recup.	% Recup.
	Ag g/t	Au g/t	Ag g/t	Au g/t			Ag SIM	Au SIM
81	3.53	6.38	22.81	34.44	11.14	18.74	65.15	54.48
88	5.26	18.82	25.40	93.68	23.09	17.51	79.31	81.79
96	3.31	7.66	17.28	38.38	11.57	16.68	78.00	74.76
98	3.53	19.41	21.33	117.40	28.80	21.24	75.34	75.45

En la tabla 16 el resultado de la simulación para el oro y plata en respecto a grado de molienda del 81% menor a la malla 200 se obtuvo la extracción del 65.15% para la plata y 54.48% para el oro; para una molienda del 88% pasante a la malla 200 se tiene una recuperación 79.31% para la plata y 81.79% para el oro; con una molienda del 96% se tiene una recuperación

78.00% para la plata y 74.76% del oro, mientras que con una molienda del 98% se extrae 75.34% para la plata y 75.45% para el oro.

4.2.3. La liberación de compuesto de mineral en la cianuración y su recuperación de oro y plata.

En el proceso de cianuración en función a la liberación se realizaron 4 pruebas con un liberación menor a 74 μm del 83%, 74 μm del 86%, 15 μm del 80% y 15 μm del 85% desarrolladas en la tabla 4, 5,6,7.

Tabla 17
Balance de la primera prueba a -74 μm 83%

	g o mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.4474	6.5622	0.0024	0.0066	100.00	100.00
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0005	26.45	7.20
Relave	1000	1.8000	6.0900	0.0018	0.0061	73.55	92.80
Cab. Cal.	1000	2.4474	6.5622	0.0024	0.0066	100.00	100.00

En la tabla 17 la recuperación de plata 26.45% y 7.20% para el oro a una liberación 83% menores a 74 μm , mientras que en el relave se tiene el 73.55% de plata y 92.80% de oro.

Tabla 18
Balance de la primera prueba a -74 μm 86%

	g o mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100	100
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0004	17.19	2.20
Relave	1000	3.0000	19.1200	0.0030	0.0191	82.81	97.80
Cab. Cal.	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100.00	100.00

En la tabla 18 la recuperación de plata 17.19% y 2.20% para el oro a una liberación 86% menores a 74 μm , mientras que en el relave se tiene el 82.81% de plata y 97.80% de oro.

Tabla 19*Balance de la tercera prueba a -15 µm 80%*

	g o mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100	100
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0004	17.19	2.20
Relave	1000	3.0000	19.1200	0.0030	0.0191	82.81	97.80
Cab. Cal.	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100.00	100.00

En la tabla 19 la recuperación de plata 17.19% y 2.20% para el oro a una liberación 80% menores a 15 µm, mientras que en el relave se tiene el 82.81% de plata y 97.80% de oro.

Tabla 20*Balance de la cuarta prueba a -15 µm 85%*

	g o mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.1568	17.1195	0.0032	0.0171	100	100
Solución	1500	0.0009	0.0008	0.0014	0.0011	42.98	6.60
Relave	1000	1.8000	15.9900	0.0018	0.0160	57.02	93.40
Cab. Cal.	1000	3.1568	17.1195	0.0032	0.0171	100.00	100.00

En la tabla 20 la recuperación de plata 42.98% y 6.60% para el oro a una liberación 85% menores a 15 µm, mientras que en el relave se tiene el 57.02% de plata y 93.40% de oro.

Tabla 21*Recuperación de oro y plata en función de la liberación del mineral*

N° Pruebas	Abertura µm	% pasante	NaCN (kg/t)	CaO (kg/t)	Cab. Ag(g/t)	Cab. Au(g/t)	Recup. Ag	Recup. Au
1	74	83	2.6	2.8	2.5	6.56	25.90	7.20
2	74	86	1.5	1.8	3.6	19.55	17.30	2.20
3	15	80	3.5	6.8	2.3	5.47	39.71	7.71
4	15	85	1.8	7.9	3.2	17.11	42.40	6.60

En la tabla 21 a una liberación menor a 74 µm(83%) se tiene 25.90% de plata y 7.20% de oro la recuperación, para liberación menor a 74 µm(86%) se tiene 17.30% de plata y 2.20% de oro la recuperación, con una liberación menor a 15 µm(80%) se tiene 39.71% de plata y

7.71% de oro la recuperación y liberación menor a 15 μm (85%) se tiene 42.40% de plata y 6.60% de oro de recuperación.

4.3. Contrastación de hipótesis.

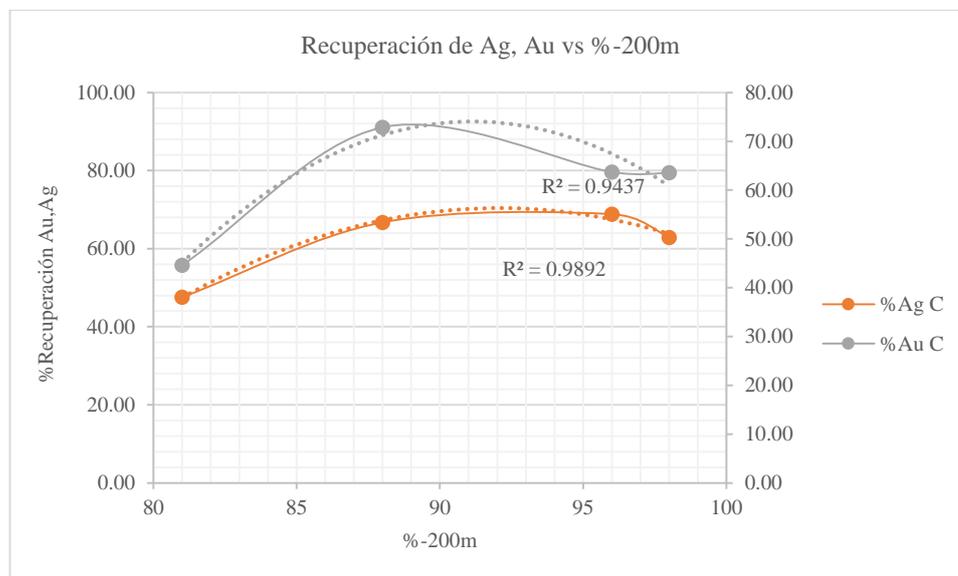
4.3.1. Contrastación de hipótesis general.

Ha: Empleando la flotación y cianuración de composito de minerales se podrá evaluar la influencia en la recuperación de oro y plata.

Ho: Empleando la flotación y cianuración de composito de minerales **no** se podrá evaluar la influencia en la recuperación de oro y plata.

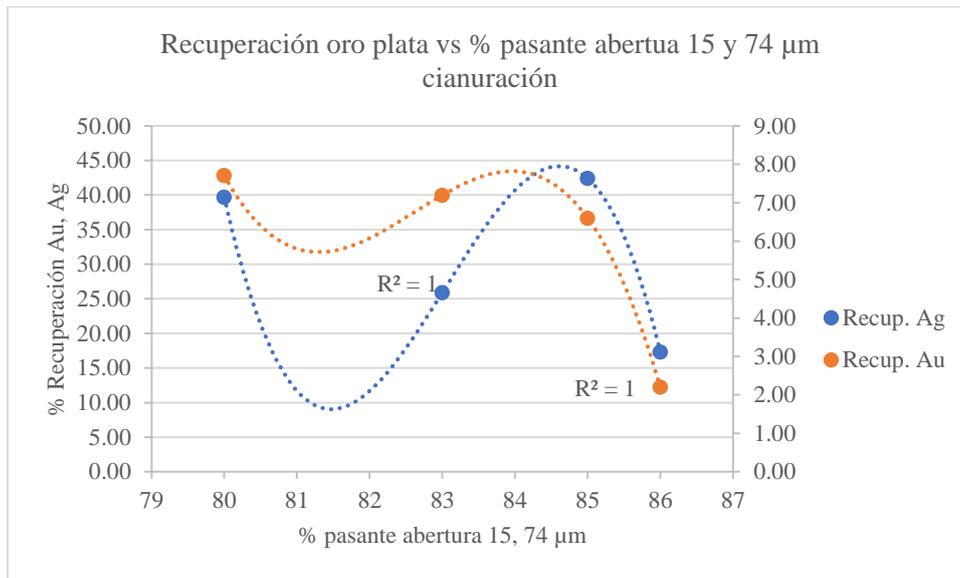
Figura 8

Recuperación de oro y plata en la flotación



En la figura 8 la flotación realizada con diferentes porcentajes pasante a la malla 200m tiene una recuperación de oro y plata diferente con un coeficiente de correlación al cuadrado para el oro de $R^2 = 0.9437$ y coeficiente correlacional cuadrado para la plata de $R^2 = 0.9892$. por lo tanto, la flotación con diferentes condiciones afecta en la recuperación de oro y plata en la flotación de minerales con oro y plata.

Figura 9
Recuperación de oro y plata en la flotación



En la figura 9 en la cianuración realizada con diferentes porcentajes pasante a la abertura de 74 μm y 15 μm tiene una recuperación de oro y plata diferente con un coeficiente de correlación al cuadrado para el oro de $R^2 = 1$ y coeficiente correlacional cuadrado para la plata de $R^2 = 1$ por lo tanto, la cianuración con diferentes condiciones afecta en la recuperación de oro y plata en la cianuración del mineral.

La hipótesis alternativa prevalece ya que las condiciones de flotación con diferentes condiciones y la cianuración influye en la recuperación de oro y plata.

4.3.2. Contrastación de hipótesis específicos.

Ha: Con una liberación de composito de mineral para la concentración gravimétrica e flotación influye en la recuperación de oro y plata.

Ho: Con una liberación de composito de mineral para la concentración gravimétrica e flotación **no** influye en la recuperación de oro y plata.

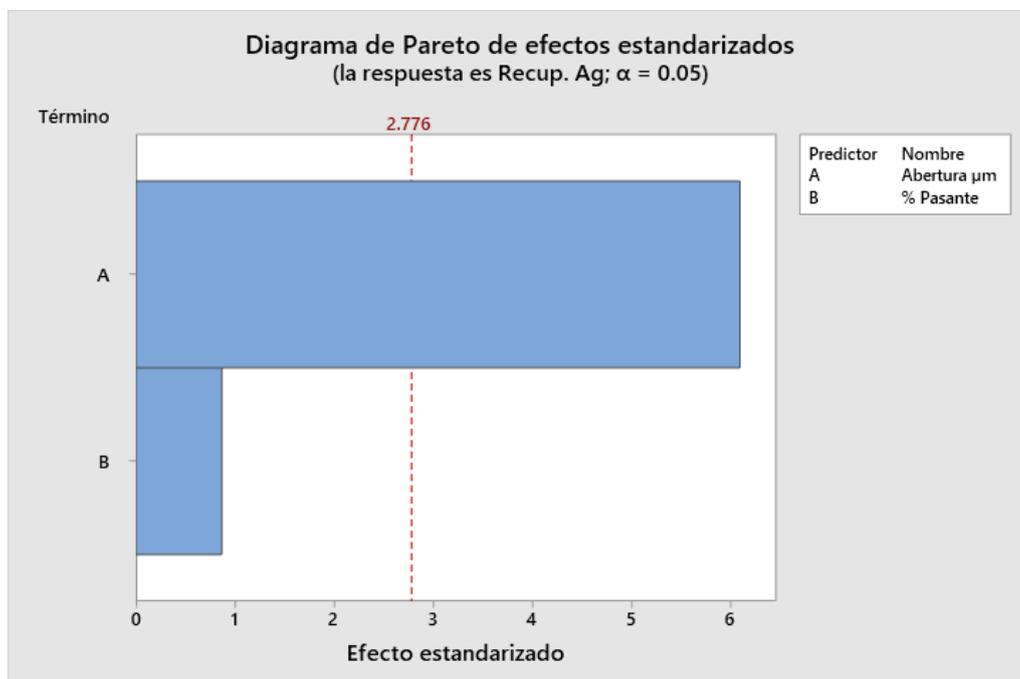
Tabla 22

Análisis de Varianza de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de plata.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	4462.35	2231.18	19.02	0.009
Abertura μm	1	4352.20	4352.20	37.10	0.004
% Pasante	1	88.37	88.37	0.75	0.434
Error	4	469.23	117.31		
Total	6	4931.59			

Figura 10

Diagrama de Pareto de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de plata.



De la tabla 22 la abertura y el porcentaje pasante el valor calculado de p es de 0.04 menor a 0.05 y 0.483 mayor a 0.05, figura 10 del diagrama de Pareto el bloque A (abertura)

es mayor a 2.776 y B (% pasante) es menor a 2.776, por lo tanto, la liberación tiene efecto en la recuperación de plata en la concentración gravimétrica y flotación, mientras que el porcentaje pasante a la malla no tiene efecto.

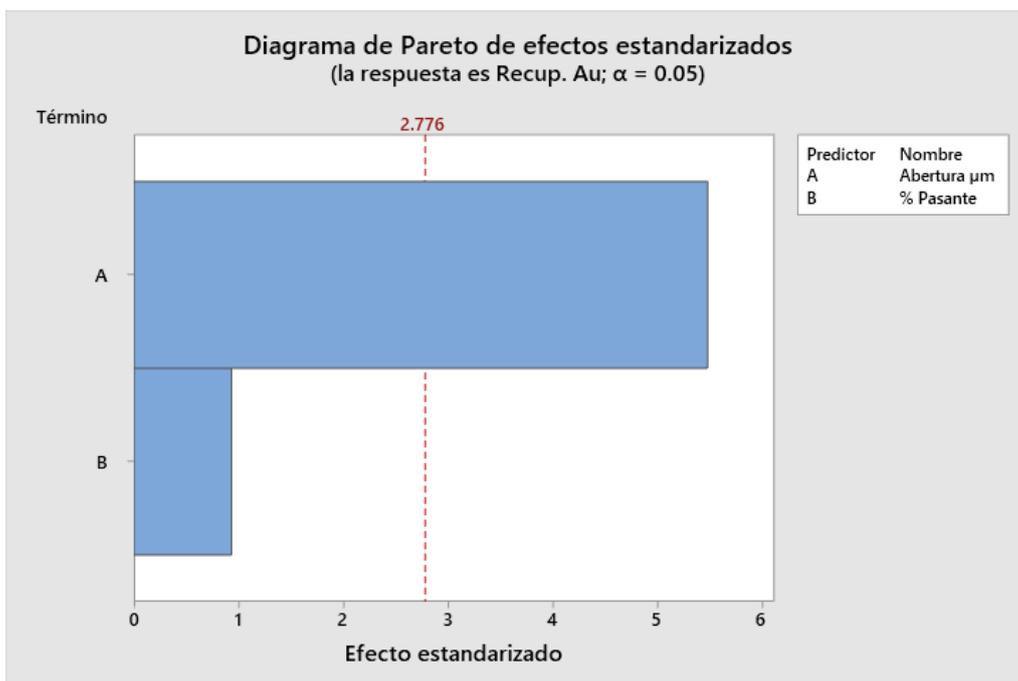
Tabla 23

Análisis de Varianza de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de oro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	5012.5	2506.2	15.23	0.013
Abertura μm	1	4929.0	4929.0	29.96	0.005
% Pasante	1	142.7	142.7	0.87	0.404
Error	4	658.1	164.5		
Total	6	5670.6			

Figura 11

Diagrama de Pareto de la liberación mineral y la concentración gravimétrica y flotación de oro.



De la tabla 23 la abertura y el porcentaje pasante el valor calculado de p es de 0.005 menor a 0.05 y 0.404 mayor a 0.05, figura 11 en el diagrama de Pareto el bloque A (abertura) es mayor a 2.776 y B (% pasante) es menor a 2.776, por lo tanto, la liberación tiene efecto en

la recuperación de oro en la concentración gravimétrica y flotación, mientras que el porcentaje pasante a la malla no tiene efecto.

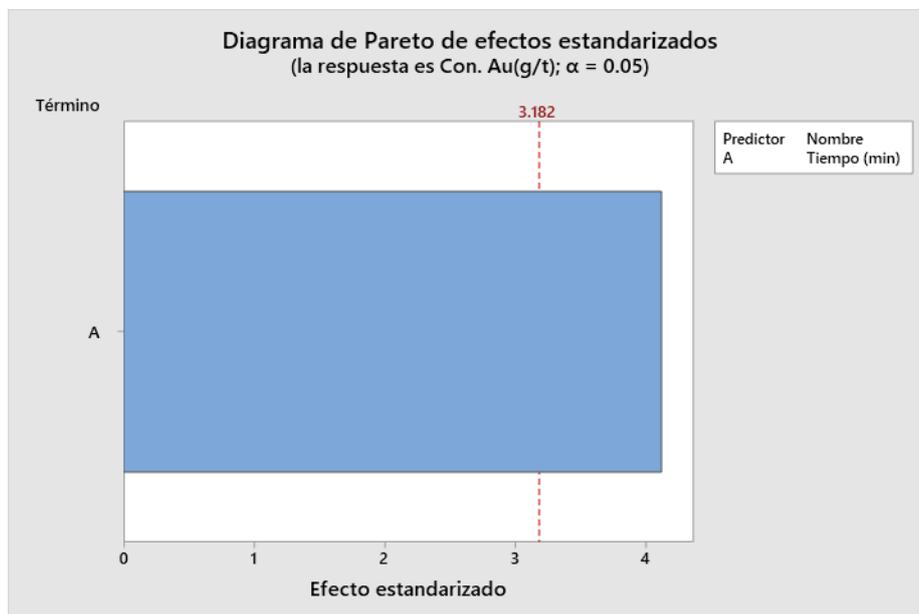
Ha: El tiempo empleado en la flotación de composito de mineral influye en la calidad de concentrado de oro y plata.

Ho: El tiempo empleado en la flotación de composito de mineral **no** influye en la calidad de concentrado de oro y plata.

Tabla 24
Análisis de Varianza del tiempo empleado en la flotación de la calidad de oro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	513.29	513.29	16.94	0.026
Tiempo (min)	1	513.29	513.29	16.94	0.026
Error	3	90.90	30.30		
Total	4	604.19			

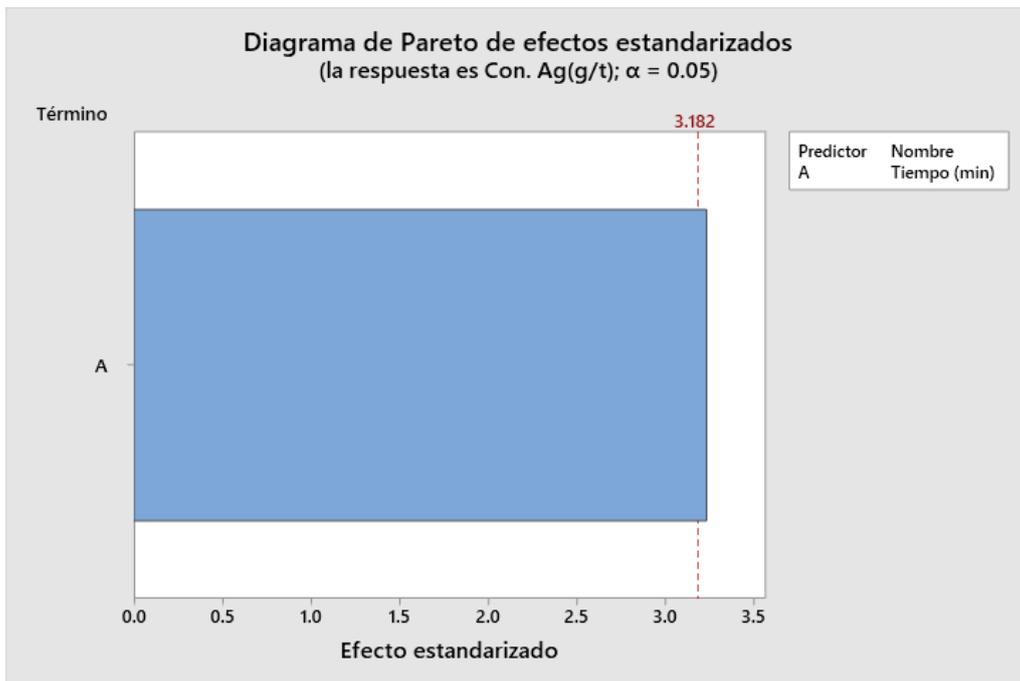
Figura 12
Diagrama de Pareto del tiempo empleado en la flotación de la calidad de oro



De la tabla 24 la presencia del oro en la flotación el valor calculado de p es de 0.026 menor a p 0.05 y figura 12 A (tiempo) supera a 3.182, indicando que el tiempo interviene en la presencia del oro en el concentrado.

Tabla 25*Análisis de Varianza del tiempo empleado en la flotación de la calidad de plata*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	6.993	6.9927	10.44	0.048
Tiempo (min)	1	6.993	6.9927	10.44	0.048
Error	3	2.010	0.6700		
Total	4	9.003			

Figura 13*Diagrama de Pareto del tiempo empleado en la flotación de la calidad de plata*

De la tabla 25 la calidad de la plata en el concentrado por flotación el valor calculado del valor de p tiene el valor de 0.048 menor a p 0.05 y figura 13 A (tiempo) tiene el valor superior a 3.182, donde, el tiempo tiene efecto en la calidad del oro.

En relación a la descrito la hipótesis predeterminate es la alternativa prevalece ya que el tiempo de flotación influye en la calidad de oro y plata en el concentrado.

Ha: La liberación de composito de mineral en la cianuración influye en la recuperación de oro y plata.

Ho: La liberación de composito de mineral en la cianuración **no** influye en la recuperación de oro y plata.

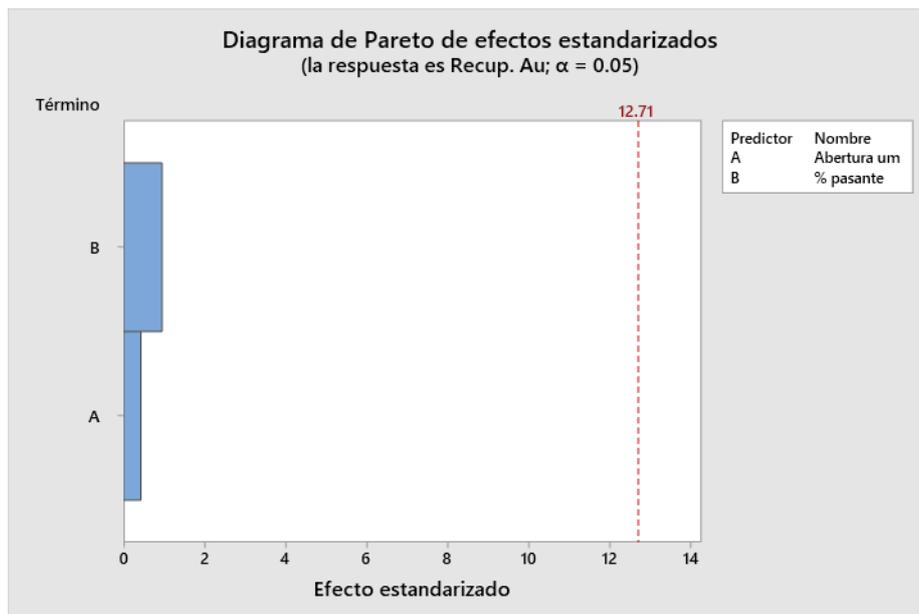
Tabla 26

Análisis de Varianza de la liberación de minerales en la cianuración de oro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	12.246	6.123	0.89	0.600
Abertura μm	1	1.262	1.262	0.18	0.743
% pasante	1	6.208	6.208	0.90	0.517
Error	1	6.890	6.890		
Total	3	19.136			

Figura 14

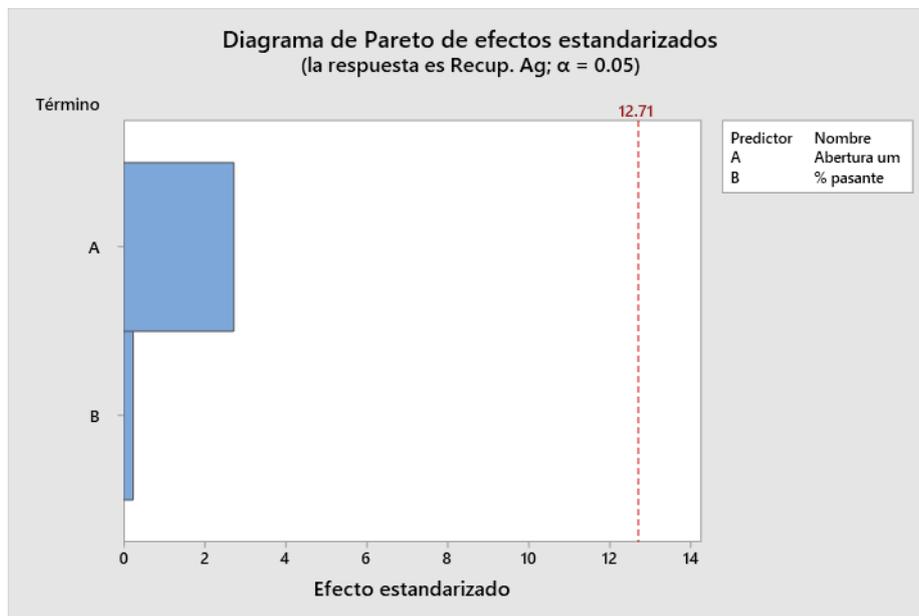
Diagrama de Pareto para liberación de minerales en la cianuración de oro



De la tabla 26 el tamaño y el porcentaje pasante el valor calculado de p es de 0.743 y 0.517 mayor a p 0.05 y figura 14 del diagrama de Pareto el bloque A (abertura) y B (% pasante) es menor a 12.71, por lo tanto, no tiene efecto la liberación en la cianuración de oro en cuanto a su recuperación.

Tabla 27*Análisis de Varianza de la liberación de minerales en la cianuración de plata*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	380.755	190.377	4.97	0.302
Abertura μm	1	284.002	284.002	7.42	0.224
% pasante	1	2.235	2.235	0.06	0.849
Error	1	38.285	38.285		
Total	3	419.039			

Figura 15*Diagrama de Pareto para liberación de minerales en la cianuración de plata*

De la tabla 27 el tamaño y el porcentaje pasante el valor calculado de p es de 0.224 y 0.849 mayor a p 0.05 y figura 15 del diagrama de Pareto el bloque A (abertura) y B (% pasante) es menor a 12.71, por lo tanto, no tiene efecto la liberación en la cianuración de plata en cuanto a su recuperación.

La hipótesis nula prevalece ya que la liberación a la abertura de 74 μm y 15 μm no tiene efecto sobre la recuperación de la plata y oro en la cianuración.

Capítulo V

Discusión

5.1. Discusión de Resultados

Para una ley de cabeza promedio entre 2.4 g/t Ag, 6.38 g/t Au y por otra parte de un mineral de 3.4 g/t Ag, 19.84 g/t de oro. En la cianuración de las 4 pruebas con una liberación de 83% y 86% menor a 75 micras y 80%, 85% pasante a la 15 um con una fuerza de 0.1% NaCN, se obtuvieron una mejor recuperación 39.71% de plata, 7.71% de oro del 80% menores a 15 micras y 42.40% de plata, 6.60% de de oro del 85% menores a 15 micras, en la flotación realizada de las 4 pruebas con 81%, 88%, 96% y 98% menores a 74 micras se obtuvo el mejor resultado proyectada del 88% menores de 74 micras de calidad de concentrado de 25.40 g/t de Ag, 93.68 g/t de Au con recuperación del orden de 79.31% y 81.79% correspondiente para una cabeza de 5.26 g/t Ag, 18.82 g/t Au, para 96% menores de 74 micras, para una de cabeza de 3.31 g/t Ag, 7.66 g/t Au se tiene una calidad de concentrado de 17.28 g/t Ag, 38.38 g/t Au con recuperación de 78% y 74.76% de Ag y Au. Donde el mejor recuperación se tiene por la flotación, donde la liberación influye en su extracción del oro y plata en la concentración por flotación y gravimetría, por otra parte el tiempo de flotación influye la calidad del concentrado, mientras la molienda del mineral no influye en su Extracción de Au y Ag en la cianuración. Para Ruiz-Córdoba M. Sc et al. (2019) en su investigación tiene una extracción en 85% para una granulometría pasante a 88 micras en la flotación y se tiene una recuperación de 89.35% de oro a una granulometría pasante a las 75 micras donde la cianuración tiene mejor recuperación de oro. De igual manera Mayorga et al. (2020) que la mejor recuperación entre flotación y cianuración es la flotación por la presencia de minerales sulfurados.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones.

En el trabajo que se ha realizado respecto a la “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata” en merito a los resultados se tiene las siguientes predeterminantes conclusiones:

En las pruebas de concentración por flotación y extracción por cianuración de oro y plata influye en la recuperación, ya que con las pruebas nos permite elegir cuál de los métodos empleados es lo es eficiente en la recuperación, en este caso la flotación de composito a una molienda del 88% menor a m-200 con una calidad de 25.40 g/t de plata con una recuperación del 79.31%, mientras que para el oro 93.68 g/t con recuperación del 81.79% en el concentrado, para una ley de 5.25 g/t Ag, 18.82 g/t Au. Por otra parte, para una ley de 3.31 g/t Ag, 7.66 g/t Au se obtuvo una calidad de 17.28 g/t Ag, 38.38 g/t Au con recuperación de 78% y 74.76% respectivamente.

En la recuperación de oro y plata en la concentración gravimétrica y flotación influye la liberación ya que p cálculo, para la plata es 0.004, oro de 0.005 por debajo de 0.05 y las líneas se encuentras 2.776 se encuentran por debajo de las barras del diagrama de Pareto para el oro y plata.

El tiempo empleado en la flotación de los minerales que contiene e su estructura oro y plata influye significativamente en la calidad del concentrado, en su análisis de la varianza para el valor de p calculado para la plata es de 0.026 y 0.048 para el oro es inferior de 0.05 y la línea de 3.182 es inferior a la barras del diagrama de Pareto.

La liberación del mineral en la cianuración no tiene influencia en la recuperación de los elementos de oro y plata que el análisis de varianza el valor calculado de liberación abertura

μm de p es de 0.743 para la plata, 0.224 para el oro y las barras del diagrama de Pareto es menor a 12.71.

6.2. Recomendaciones.

De acuerdo los resultados y los análisis realizado respecto el estudio realizado sobre “Flotación y cianuración de composito de minerales para la recuperación de oro y plata”, se llegaron a las siguientes recomendaciones:

Realizar un estudio mineralógico para poder determinar la mineralogía del mineral, en base a ello poder determinar el proceso adecuado.

Buscar un blending adecuado de los minerales de alta ley con los de baja ley para poder obtener una recuperación y calidad de concentrado óptimo para ser comercializado.

Realizar una lixiviación en autoclave para poder romper los minerales refractarios y poder determinar la recuperación del oro y plata.

Capítulo V

Fuentes de información

5.1. Referencias.

Alberto Yuni, J., & Ariel Urbano, C. (2007). *Técnicas Para Investigar 2*. Editorial Brujas.

Aramburú Rojas, V. S., Núñez Jara, P. A., Azañero Ortiz, Á., Fernández Salinas, S., Gagliuffi Espinoza, P., Avilés Mera, P. A., Portocarrero Albildo, Elvis, & Acosta Cabezas, H. (2007). *Recuperación de oro y plata de minerales sulfurados en una matriz de cuarzo*.

Arce Lopez, L. M., & Cano Alpaca, F. de M. (2020). Importancia del pH en la recuperación de oro y plata en los Procesos de Cianuración. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3263275>

Azañero Ortiz, A. (2015). *Flotación y Concentración de Minerales* (Primera). Editorial Colecciones Jovic.

Barzola, E., Barzola, B., Lovera, D., & Arias, V. (2011). *Efecto de la moliendabilidad en la cinética de la cianuración de un preconcentrado de Au-Cu*. https://core.ac.uk/display/304893989?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1

Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.

Day, A. (2002). *Mining Chemicals HANDBOOK Revised Edition*. https://www.academia.edu/6706818/Mining_Chemicals_HANDBOOK_Revised_Edition

Dueñas Cabrera, Z. A., & Graff Ruíz, J. F. (2018). *Recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación y lixiviación con cianuro*. Universidad de Sonora. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/1455>

- Elorza Rodríguez, E., Salazar Hernández, M. del C., Corona Arroyo, M. A., & Caudillo González, M. (2022). *Flotación colectiva pirita-arsenopirita-oro de los residuos de Noche Buena, Zac., y su separación en concentrados pirita-oro y arsenopirita*. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/8039>
- Flores Mamani, C. V. (2019). *Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto Oropesa, la Rinconada—Puno*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/13931/Flores_Mamani_Carlos_Victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fuerstenau, M. C., & Han, K. N. (2003). *Principles of Mineral Processing*.
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas.
- Gonzales Salazar, B., & Bravo Jara, M. E. (2021). Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5587>
- Google Earth. (2021, octubre 23). https://earth.google.com/web/@-11.1261118,-77.60930821,29.67977166a,37.53209795d,35y,-49.52018481h,30.00016877t,-Or?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Hidalgo, N., Diaz, A. A., Bazan Brizuela, V. L., & Sarquis, P. E. (2015). *Avances en la recuperación de oro y plata mediante flotación en escorias de procesamiento de menas de oro*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/42261>
- Instituto Tecnológico Geominero de España, I. T. G. de. (1991). *Minería química*. IGME.
- Leon Arroyo, F. J., & Dianderas Mandujano, J. D. (2019). Efecto del porcentaje de sólidos en la flotación de la galena a partir de un mineral de bajo grado de plomo-zinc en la

- Compañía Minera Casapalca S.A. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6012>
- López Rosello, A. (2013). *Efecto de la densidad de pulpa y de la concentración de cianuro de sodio en la lixiviación por agitación para la recuperación de oro en la planta de beneficio doble D – Arequipa*.
- Mayorga, A. F. S., Letellier, J. J. L., & Jaen, J. D. B. (2020). Influencia mineragráfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos de la Minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 23(46), Article 46.
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v23i46.19190>
- Minaya, B. P., Magdalena, B., Calero, B. R., Ada, E., Roña, I. I., & Manuel, J. (2017). “Tesis” *Para optar el título profesional de ingeniero metalúrgico*.
- Misari Chuquipoma, F. S. (2010). *Metalurgia del Oro* (1era ed.). Editorial San Marcos.
editorialsanmarcos.com
- Paitán, H. Ñ., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Paucar, A. V. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa—Cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.
- Pazmiño Carrillo, B. P. (2017). *Optimización de una Celda de Flotación*.
- Porras Castillo, D. (1997). *Procesamiento de Minerales Fundamentos básicos para operadores y supervisores de plantas concentradoras*. Talls del mundo grafico.
- Rodríguez Moguel, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Romero, A. A., & Flores, S. L. (2010). *La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados*.
- Ruiz-Córdoba M. Sc, J. A., López-Cañas M. Sc., C. A., Carmona-Arango, M. E., Bolívar-García, W. H., Ruiz-Córdoba M. Sc, J. A., López-Cañas M. Sc., C. A., Carmona-

- Arango, M. E., & Bolívar-García, W. H. (2019). Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(53), 33-51. <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.9745>
- Salinas, E., Rivera, I., Carrillo, F. R., Patiño, F., Hernández, J., & Hernández, L. E. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Revista de la Sociedad Química de México*, 48(4), 315-320.
- Sánchez Puentes, R. (2000). *Enseñar a investigar: Una didáctica nueva de la investigación en ciencias sociales y humanas*. Plaza y Valdes.
- Silvestre Miraya, I., & Huamán Nahula, C. (2019). Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria. En *Universidad Tecnológica de los Andes*. Universidad Tecnológica de los Andes. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/195>
- Sucapuca Pacara, G. D. (2019). Optimizar la recuperación de oro y plata aplicando los procesos de flotación y cianuración a los relaves provenientes de los tratamientos gravimétricos en la zona de Las Lomas – Piura. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/11581>
- Sutulov, alexander. (1963). *Flotación de Minerales*.
- Tafur, R. (2015). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Alpha Editorial.
- Torres, L. M. L., Morales, A. D. S., & Mahecha, F. C. (2018). *Variables influyentes en el proceso de lixiviación para la recuperación de metales contenidos en lodos galvánicos*. 4.
- Uceda Herrera, D. A. (2016). *Hidrometalurgia química e ingeniería* (Crea Ediciones Gráficas EIRL).
- Wills, B. A., & Finch, J. E. (2016). *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (Eighth edition). Elsevier.

Wills, B. A., Napier-Munn, T., & Wills, B. A. (2006). *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (7th ed). Elsevier/BH.

Yianatos B, J. (2005). *Flotación de Minerales*.

Anexos

Cinética de Flotación de minerales

Tiempo (min)	%Peso	Peso g	Ag(g/t)	Au(g/t)	%Fe	%S
1						
3						
7						
13						
23						
Relave						
Cab. Calc.						
Cabeza						

Ag: g/t

Au: g/t

Mineral g

Solidos: %

D:

P80: um

Temperatura: °C

Tiempo: minutos

Presión: PSI

Volumen: mL

Cianuración de minerales

Tiempo h	g/L Ag	g Ag	Recup. Ag	g/L Au	Au	Recup. Au
0						
4						
8						
24						

D	1.5						
CaO	2.8 kg/t						
NaCN	2.6 kg/t						
Mineral	1000 g						
%-200m	83 %						
Fuerza NaCN	0.1 %						
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.5	6.56	0.0025	0.00656	100	100
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0004722	25.90	7.20
Relave	1000	1.8	6.09	0.0018	0.00609	72.00	92.84
Cab. Cal.	1000	2.447	6.562	0.002447	0.006562	97.90	100.03
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.4474	6.5622	0.0024	0.0066	100.00	100.00
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0005	26.45	7.20
Relave	1000	1.8000	6.0900	0.0018	0.0061	73.55	92.80
Cab. Cal.	1000	2.4474	6.5622	0.0024	0.0066	100.00	100.00
D	1.5						
CaO	1.8 kg/t						
NaCN	1.5 kg/t						
Mineral	1000 g						
%-200m	86 %						
Fuerza NaCN	0.1 %						
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.6	19.55	0.0036	0.01955	100	100
Solución	1500	0.00042	0.00029	0.0006	0.0004305	17.30	2.20
Relave	1000	3	19.12	0.003	0.01912	83.33	97.80
Cab. Cal.	1000	3.623	19.551	0.00362295	0.0195505	100.64	100.00
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100	100
Solución	1500	0.0004	0.0003	0.0006	0.0004	17.19	2.20
Relave	1000	3.0000	19.1200	0.0030	0.0191	82.81	97.80
Cab. Cal.	1000	3.6230	19.5505	0.0036	0.0196	100.00	100.00

D	1.5						
CaO	6.8	kg/t					
NaCN	3.5	kg/t					
Mineral	1000	g					
15 um	80	%					
Fuerza NaCN	0.1	%					
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.3	5.47	0.0023	0.00547	100	100
Solución	1500	0.00061	0.00028	0.0009	0.0004219	39.71	7.71
Relave	1000	1.4	5.04	0.0014	0.00504	60.87	92.14
Cab. Cal.	1000	2.313	5.462	0.0023134	0.0054619	100.58	99.85
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.313	5.462	0.0023134	0.0054619	100	100
Solución	1500	0.00061	0.00028	0.0009	0.0004219	39.48	7.72
Relave	1000	1.4	5.04	0.0014	0.00504	60.52	92.28
Cab. Cal.	1000	2.313	5.462	0.0023134	0.0054619	100.00	100.00
D	1.5						
CaO	7.9	kg/t					
NaCN	1.8	kg/t					
Mineral	1000	g					
15 um	85	%					
Fuerza NaCN	0.1	%					
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.2	17.11	0.0032	0.01711	100	100
Solución	1500	0.00090	0.00075	0.0014	0.0011295	42.40	6.60
Relave	1000	1.8	15.99	0.0018	0.01599	56.25	93.45
Cab. Cal.	1000	3.157	17.120	0.0031568	0.0171195	98.65	100.06
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	3.1568	17.1195	0.0032	0.0171	100	100
Solución	1500	0.0009	0.0008	0.0014	0.0011	42.98	6.60
Relave	1000	1.8000	15.9900	0.0018	0.0160	57.02	93.40
Cab. Cal.	1000	3.1568	17.1195	0.0032	0.0171	100.00	100.00

70 %(-65m)							
	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	2.50	6.56	0.01250	0.03280	100	100
Concentrado	306.75	4.03	7.50	0.00124	0.00230	9.89	7.01
Relave	4693.25	2.40	6.55	0.01126	0.03074	90.11	93.72
Cab. Calc.	5000	2.50	6.61	0.01250	0.03304	100.00	100.74

83 %(-200m)							
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.5	6.56	0.0025	0.00656	100	100
Solución	1500	0.0005	0.0003	0.0007	0.0003822	28.68	5.83
Relave	1000	1.98	6.29	0.00198	0.00629	79.20	95.88
Cab. Calc.	1000	2.697	6.672	0.002697	0.006672	107.88	101.71

70 %(-65m)							
	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	2.50	6.61	0.01250	0.03304	100	100
Concentrado	306.75	4.03	7.50	0.00124	0.00230	9.89	6.96
Relave	4693.25	2.40	6.55	0.01126	0.03074	90.11	93.04
Cab. Calc.	5000	2.50	6.61	0.01250	0.03304	100.00	100.00

83 %(-200m)							
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	2.697	6.672	0.0027	0.0067	100.00	100.00
Solución	1500	0.0005	0.0003	0.0007	0.0004	26.59	5.73
Relave	1000	1.9800	6.2900	0.0020	0.0063	73.41	94.27
Cab. Calc.	1000	2.6970	6.6722	0.0027	0.0067	100.00	100.00

82 %(-65m)							
	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	6.38	19.84	0.03190	0.09920	100	100
Concentrado	187.56	16.90	36.74	0.00317	0.00689	9.94	6.95
Relave	4812.44	5.97	18.23	0.02873	0.08773	90.06	88.44
Cab. Calc.	5000	6.38	18.92	0.03190	0.09462	100.00	95.38

86 %(-200m)							
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	6.38	19.84	0.00638	0.01984	100	100
Solución	1500	0.0005	0.0005	0.0008	0.0006822	12.41	3.44
Relave	1000	5.59	18.89	0.00559	0.01889	87.62	95.21
Cab. Calc.	1000	6.382	19.572	0.006382	0.019572	100.03	98.65

82 %(-65m)							
	g	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	5000	6.38	18.92	0.03190	0.09462	100	100
Concentrado	187.56	16.90	36.74	0.00317	0.00689	9.94	7.28
Relave	4812.44	5.97	18.23	0.02873	0.08773	90.06	92.72
Cab. Calc.	5000	6.38	18.92	0.03190	0.09462	100.00	100.00

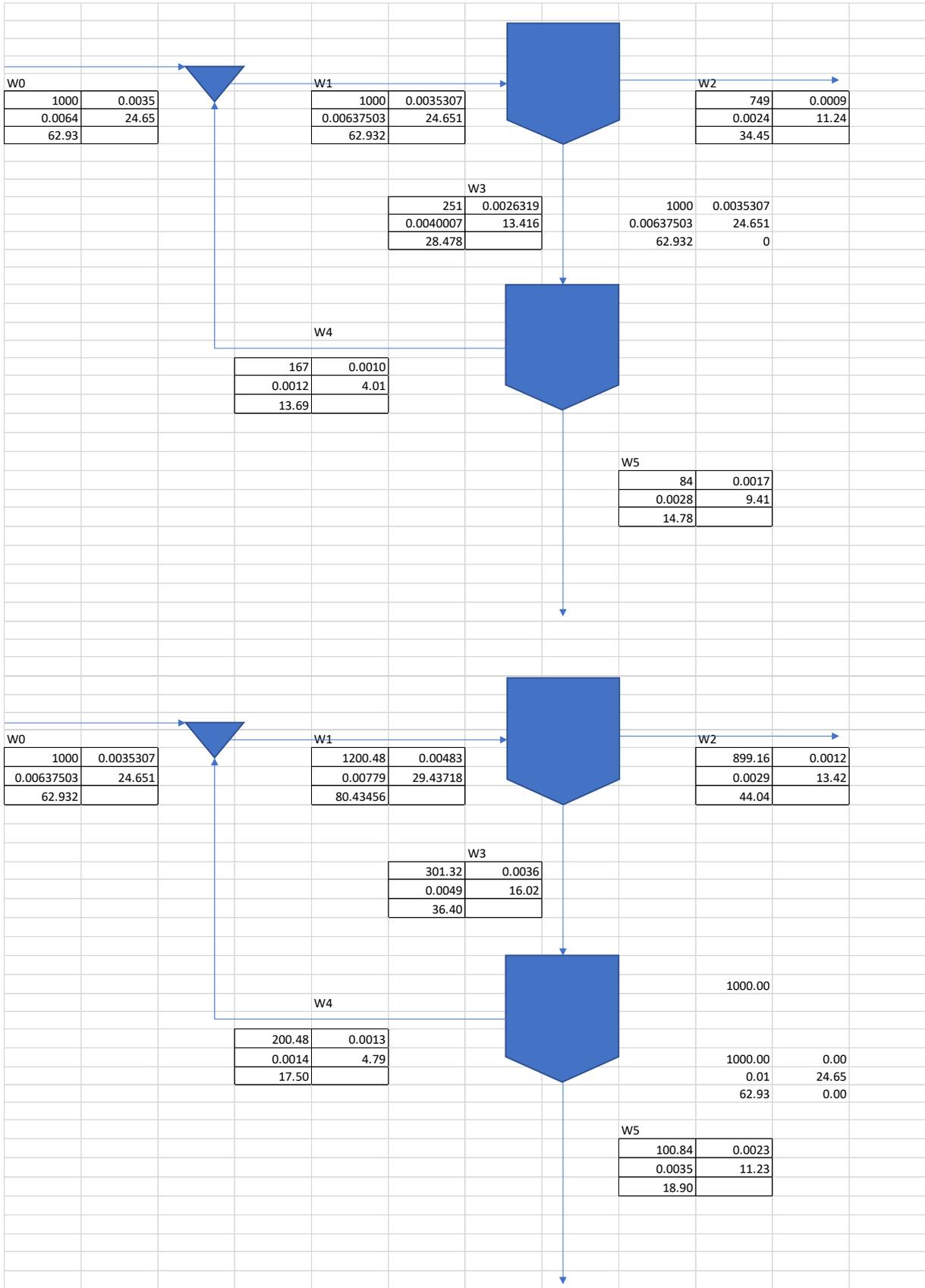
86 %(-200m)							
	g 0 mL	Ag (g/t o g/L)	Au (g/t o g/L)	Ag (g)	Au (g)	Recup. Ag	Recup. Au
Cabeza	1000	6.3820	19.5722	0.0064	0.0196	100.00	100.00
Solución	1500	0.0005	0.0005	0.0008	0.0007	12.41	3.49
Relave	1000	5.5900	18.8900	0.0056	0.0189	87.59	96.51
Cab. Calc.	1000	6.3820	19.5722	0.0064	0.0196	100.00	100.00

% -200m= 59 % Peso 1000 gramos															
Tiempo (min)	%Peso	Peso g	Ag(g/t)	Au(g/t)	%Fe	%S	Ag(g)	Au(g)	Fe	S	Ag	Au	Fe	S	
1	2.74	27.40	20.70	38.00	16.30	22.70	0.0006	0.0010	4.47	6.22	7.64	8.09	9.32	6.73	
3	5.30	53.00	18.00	33.83	13.40	19.80	0.0010	0.0018	7.10	10.49	12.85	13.93	14.82	11.36	
7	8.21	82.10	15.40	28.30	10.80	17.20	0.0013	0.0023	8.87	14.12	17.03	18.05	18.50	15.29	
13	10.26	102.60	14.60	25.66	9.50	15.90	0.0015	0.0026	9.75	16.31	20.18	20.45	20.34	17.66	
23	12.39	123.90	13.50	23.21	8.40	14.80	0.0017	0.0029	10.41	18.34	22.53	22.34	21.72	19.85	
Relave	61.10	611.00	2.40	3.61	1.20	4.40	0.0015	0.0022	7.33	26.88	19.76	17.14	15.30	29.10	
Cab. Calc.	100.00	1000.00	7.42	12.87	4.79	9.24	0.0074	0.0129	47.92	92.37	100.00	100.00	100.00	100.00	
Cabeza	100	1000.00	3.80	6.04	2.10	5.70	0.0038	0.0060	21.00	57.00					

Tiempo (min)	Peso g	Ag(g)	Ag(g/t)	Recup. Ag	Au(g)	Au(g/t)	Recup. Au
1	27.40	0.00057	20.70	7.64	0.0010	38.00	8.09
3	80.40	0.00152	18.92	20.49	0.0028	35.25	22.02
7	162.50	0.00279	17.14	37.53	0.0052	31.74	40.07
13	265.10	0.00428	16.16	57.71	0.0078	29.39	60.52
23	389.00	0.00596	15.31	80.24	0.0107	27.42	82.86
	389.00	0.00596	15.31		0.0107	27.42	

% -200m= 60 % Peso 1000 gramos															
Tiempo (min)	%Peso	Peso g	Ag(g/t)	Au(g/t)	%Fe	%S	Ag(g)	Au(g)	Fe	S	Ag	Au	Fe	S	
1	8.87	88.70	24.00	118.49	28.50	28.40	0.0021	0.0105	25.28	25.19	12.95	15.39	16.65	15.84	
3	12.25	122.50	22.20	102.64	23.40	23.80	0.0027	0.0126	28.67	29.16	16.54	18.41	18.88	18.33	
7	16.06	160.60	19.80	87.57	19.20	19.90	0.0032	0.0141	30.84	31.96	19.35	20.60	20.31	20.09	
13	18.64	186.40	18.90	79.34	17.20	18.00	0.0035	0.0148	32.06	33.55	21.43	21.66	21.12	21.10	
23	20.53	205.30	20.00	74.46	16.00	16.90	0.0041	0.0153	32.85	34.70	24.98	22.39	21.64	21.81	
Relave	23.65	236.50	3.30	4.49	0.90	1.90	0.0008	0.0011	2.13	4.49	4.75	1.56	1.40	2.83	
Cab. Calc.	100.00	1000.00	16.44	68.28	15.18	15.90	0.0164	0.0683	151.82	159.05	100.00	100.00	100.00	100.00	
Cabeza	100	1000.00	6.70	18.85	4.00	5.00	0.0067	0.0189	40.00	50.00					

Tiempo (min)	Peso g	Ag(g)	Ag(g/t)	Recup. Ag	Au(g)	Au(g/t)	Recup. Au	Recup. Fe	Recup. S
1	88.70	0.00213	24.00	12.95	0.0105	118.49	15.39	16.65	15.84
3	211.20	0.00485	22.96	29.50	0.0231	109.30	33.80	35.53	34.17
7	371.80	0.00803	21.59	48.84	0.0371	99.91	54.40	55.84	54.26
13	558.20	0.01155	20.69	70.27	0.0519	93.04	76.06	76.96	75.36
23	763.50	0.01566	20.51	95.25	0.0672	88.05	98.44	98.60	97.17



	S1	S2
Mineral	0.2510	0.6653386
Plata	0.7454	0.3617788
Oro	0.6276	0.2896943
Hierro	0.5442	0.29874776
Azufre	0.4525	0.48086242

1000	S1	S2
Mineral	0.2510	0.6653386

0.0035	S1	S2
Plata	0.7454	0.3617

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.665	0.000	0.000	1000.000
W2	-0.749	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.251	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.665	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.3346614	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.362	0.000	0.000	0.004
W2	-0.255	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.745	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.362	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.6383221	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.20	0.00	0.80	0.00	0.00	1000.000
W2	0.90	1.00	0.60	0.00	0.00	0.000
W3	0.30	0.00	1.20	0.00	0.00	0.000
W4	0.20	0.00	0.80	1.00	0.00	0.000
W5	0.10	0.00	0.40	0.00	1.00	0.000

W1	1200.48
W2	899.16
W3	301.32
W4	200.48
W5	100.84

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.37	0.00	0.50	0.00	0.00	0.004
W2	0.35	1.00	0.13	0.00	0.00	0.000
W3	1.02	0.00	1.37	0.00	0.00	0.000
W4	0.37	0.00	0.50	1.00	0.00	0.000
W5	0.65	0.00	0.87	0.00	1.00	0.000

W1	0.00
W2	0.00
W3	0.00
W4	0.00
W5	0.00

0.0064	S1	S2
Oro	0.6276	0.2897

24.6510	S1	S2
Hierro	0.5442	0.2987

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.290	0.000	0.000	0.006
W2	-0.372	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.628	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.290	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.7103057	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.299	0.000	0.000	24.651
W2	-0.456	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.544	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.299	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.7012522	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.22	0.00	0.35	0.00	0.00	0.006
W2	0.46	1.00	0.13	0.00	0.00	0.000
W3	0.37	0.00	1.22	0.00	0.00	0.000
W4	0.22	0.00	0.35	1.00	0.00	0.000
W5	0.54	0.00	0.87	0.00	1.00	0.000

W1	0.01
W2	0.00
W3	0.00
W4	0.00
W5	0.00

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.19	0.00	0.36	0.00	0.00	24.651
W2	0.54	1.00	0.16	0.00	0.00	0.000
W3	0.65	0.00	1.19	0.00	0.00	0.000
W4	0.19	0.00	0.36	1.00	0.00	0.000
W5	0.46	0.00	0.84	0.00	1.00	0.000

W1	29.44
W2	13.42
W3	16.02
W4	4.79
W5	11.23

62.9320	S1	S2
Azufre	0.4525	0.4809

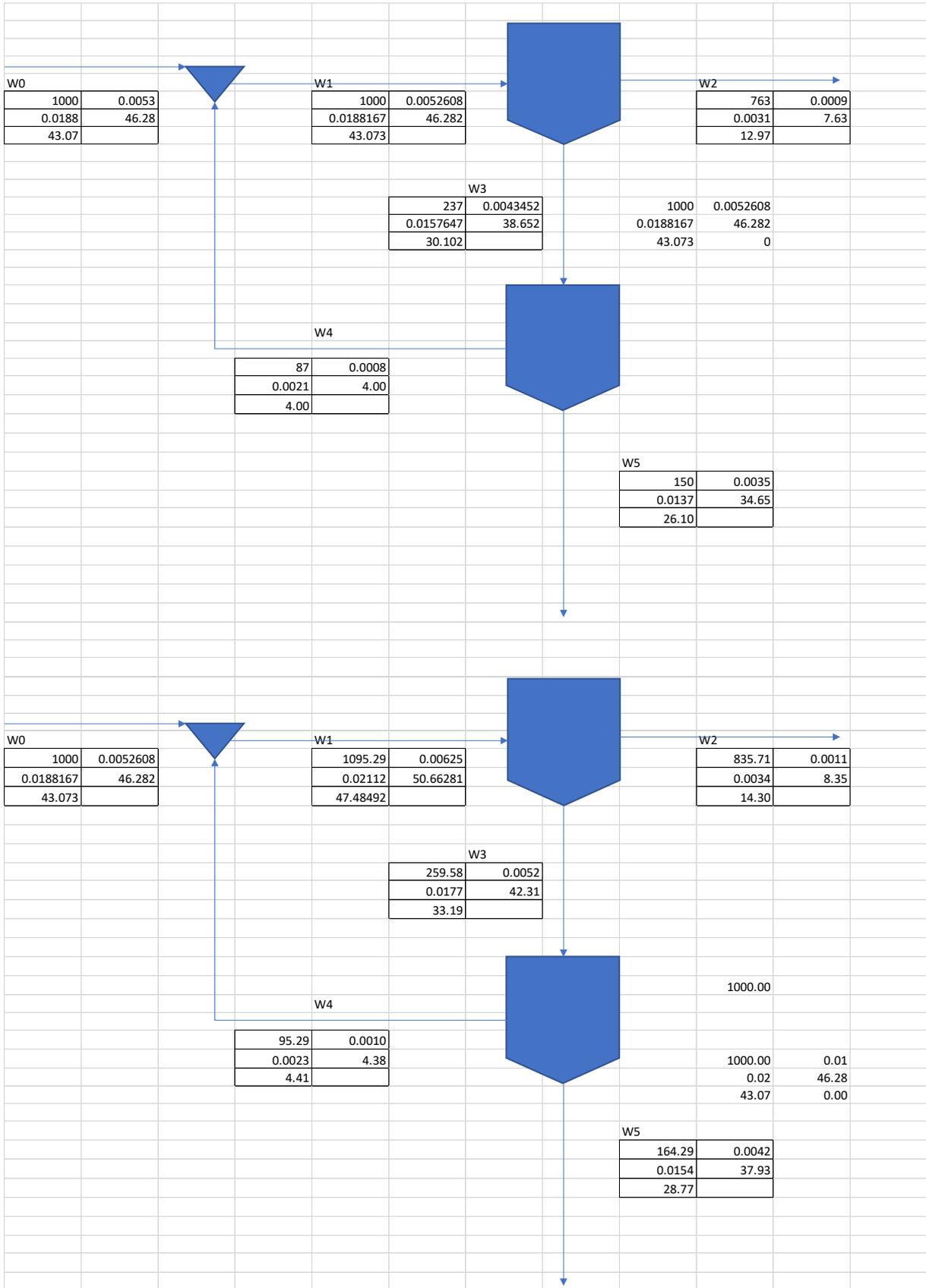
	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.481	0.000	0.000	62.932
W2	-0.547	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.453	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.481	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.5191376	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.28	0.00	0.61	0.00	0.00	62.932
W2	0.70	1.00	0.34	0.00	0.00	0.000
W3	0.58	0.00	1.28	0.00	0.00	0.000
W4	0.28	0.00	0.61	1.00	0.00	0.000
W5	0.30	0.00	0.66	0.00	1.00	0.000

W1	80.43
W2	44.04
W3	36.40
W4	17.50
W5	18.90

Producto	Ley						Contenido metalico				Distribución			
	%Peso	Peso g	Ag g/t	Au g/t	%Fe	%S	Ag g	Au g	g Fe	g S	Ag	Au	Fe	S
Cabeza	100	1000	3.53	6.38	2.47	6.29	0.0035	0.0064	24.65	62.93	100	100	100	100
Cleaner	10.08	100.84	22.81	34.44	11.14	18.74	0.0023	0.0035	11.23	18.90	65.15	54.48	45.57	30.03
Medio	20.05	200.48	6.50	7.07	2.39	8.73	0.0013	0.0014	4.79	17.50	36.91	22.22	19.42	27.81
Rougher	30.13	301.32	11.96	16.23	5.32	12.08	0.0036	0.0049	16.02	36.40	102.06	76.70	64.99	57.84
Relave	89.92	899.16	1.37	3.23	1.49	4.90	0.0012	0.0029	13.42	44.04	34.85	45.52	54.43	69.97
Cab. Cal.	100.00	1000.00	3.53	6.38	2.47	6.29	0.0035	0.0064	24.6510	62.9320	100.00	100.00	100.00	100.00

Producto	Ley						Contenido metalico				Distribución			
	%Peso	Peso g	Ag g/t	Au g/t	%Fe	%S	Ag g	Au g	g Fe	g S	Ag	Au	Fe	S
Cabeza	100	1000	3.53	6.38	2.47	6.29	0.0035	0.0064	24.65	62.93	100	100	100	100
Cleaner	10.084	100.84	22.81	34.44	11.14	18.74	0.0023	0.0035	11.23	18.90	65.15	54.48	45.57	30.03
Relave	89.92	899.16	1.37	3.23	1.49	4.90	0.0012	0.0029	13.42	44.04	34.85	45.52	54.43	69.97
Cab. Cal.	100.00	1000.00	3.53	6.38	2.47	6.29	0.0035	0.0064	24.65	62.93	100.00	100.00	100.00	100.00



	S1	S2
Mineral	0.2378	0.36708861
Plata	0.8260	0.1922121
Oro	0.8378	0.13024035
Hierro	0.8351	0.10353927
Azufre	0.6989	0.13294798

1000	S1	S2
Mineral	0.2370	0.3670886

0.0053	S1	S2
Plata	0.8260	0.1922

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.367	0.000	0.000	1000.000
W2	-0.763	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.237	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.367	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.6329114	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.192	0.000	0.000	0.005
W2	-0.174	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.826	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.192	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.8077879	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.10	0.00	0.40	0.00	0.00	1000.000
W2	0.84	1.00	0.31	0.00	0.00	0.000
W3	0.26	0.00	1.10	0.00	0.00	0.000
W4	0.10	0.00	0.40	1.00	0.00	0.000
W5	0.16	0.00	0.69	0.00	1.00	0.000

W1	1095.29
W2	835.71
W3	259.58
W4	95.29
W5	164.29

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.19	0.00	0.23	0.00	0.00	0.005
W2	0.21	1.00	0.04	0.00	0.00	0.000
W3	0.98	0.00	1.19	0.00	0.00	0.000
W4	0.19	0.00	0.23	1.00	0.00	0.000
W5	0.79	0.00	0.96	0.00	1.00	0.000

W1	0.01
W2	0.00
W3	0.01
W4	0.00
W5	0.00

0.0188	S1	S2
Oro	0.8378	0.1302

46.2820	S1	S2
Hierro	0.8351	0.1035

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.130	0.000	0.000	0.019
W2	-0.162	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.838	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.130	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.8697597	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.104	0.000	0.000	46.282
W2	-0.165	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.835	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.104	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.8964607	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.12	0.00	0.15	0.00	0.00	0.019
W2	0.18	1.00	0.02	0.00	0.00	0.000
W3	0.94	0.00	1.12	0.00	0.00	0.000
W4	0.12	0.00	0.15	1.00	0.00	0.000
W5	0.82	0.00	0.98	0.00	1.00	0.000

W1	0.02
W2	0.00
W3	0.02
W4	0.00
W5	0.02

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.09	0.00	0.11	0.00	0.00	46.282
W2	0.18	1.00	0.02	0.00	0.00	0.000
W3	0.91	0.00	1.09	0.00	0.00	0.000
W4	0.09	0.00	0.11	1.00	0.00	0.000
W5	0.82	0.00	0.98	0.00	1.00	0.000

W1	50.66
W2	8.35
W3	42.31
W4	4.38
W5	37.93

43.0730	S1	S2
Azufre	0.6989	0.1329

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.000	0.000	-0.133	0.000	0.000	43.073
W2	-0.301	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W3	-0.699	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
W4	0.000	0.000	-0.133	1.000	0.000	0.000
W5	0	0	-0.867052	0	1	0

	W1	W2	W3	W4	W5	W0
W1	1.10	0.00	0.15	0.00	0.00	43.073
W2	0.33	1.00	0.04	0.00	0.00	0.000
W3	0.77	0.00	1.10	0.00	0.00	0.000
W4	0.10	0.00	0.15	1.00	0.00	0.000
W5	0.67	0.00	0.96	0.00	1.00	0.000

W1	47.48
W2	14.30
W3	33.19
W4	4.41
W5	28.77

Producto	%Peso	Peso g	Ley				Contenido metalico				Distribución			
			Ag g/t	Au g/t	%Fe	%S	Ag g	Au g	g Fe	g S	Ag	Au	Fe	S
Cabeza	100	1000	5.26	18.82	4.63	4.31	0.0053	0.0188	46.28	43.07	100	100	100	100
Cleaner	16.43	164.29	25.40	93.68	23.09	17.51	0.0042	0.0154	37.93	28.77	79.31	81.79	81.95	66.80
Medio	9.53	95.29	10.42	24.19	4.60	4.63	0.0010	0.0023	4.38	4.41	18.87	12.25	9.47	10.24
Rougher	25.96	259.58	19.90	68.17	16.30	12.78	0.0052	0.0177	42.31	33.19	98.18	94.04	91.42	77.04
Relave	83.57	835.71	1.30	4.10	1.00	1.71	0.0011	0.0034	8.35	14.30	20.69	18.21	18.05	33.20
Cab. Cal.	100.00	1000.00	5.26	18.82	4.63	4.31	0.0053	0.0188	46.2820	43.0730	100.00	100.00	100.00	100.00

Producto	%Peso	Peso g	Ley				Contenido metalico				Distribución			
			Ag g/t	Au g/t	%Fe	%S	Ag g	Au g	g Fe	g S	Ag	Au	Fe	S
Cabeza	100	1000	5.26	18.82	4.63	4.31	0.0053	0.0188	46.28	43.07	100	100	100	100
Cleaner	16.429	164.29	25.40	93.68	23.09	17.51	0.0042	0.0154	37.93	28.77	79.31	81.79	81.95	66.80
Relave	83.57	835.71	1.30	4.10	1.00	1.71	0.0011	0.0034	8.35	14.30	20.69	18.21	18.05	33.20
Cab. Cal.	100.00	1000.00	5.26	18.82	4.63	4.31	0.0053	0.0188	46.28	43.07	100.00	100.00	100.00	100.00