



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y
plata**

Tesis

Para optar el título profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autores

Valentín Wilfredo Urbano Encarnación

Anders Jhimy Basilio Zúñiga

Asesor

M(o) Joaquin Jose Abarca Rodriguez

Huacho - Perú

2023

"CIANURACIÓN DINÁMICA DE MINERALES CON PRESENCIA DE COBRE PARA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA"

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	patents.google.com Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
4	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repository.uaeh.edu.mx Fuente de Internet	<1%
8	Kazutoshi Haga, Moses Charles Siame, Atsushi Shibayama. "Removal of Silica and Alumina as Impurities from Low-Grade Iron	<1%

**“CIANURACIÓN DINÁMICA DE MINERALES CON PRESENCIA DE COBRE
PARA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA”**

Autor:

**VALENTÍN WILFREDO URBANO ENCARNACIÓN
ANDERS JHIMY BASILIO ZÚÑIGA**

Agosto del 2023

**Plan de tesis para optar el título profesional de ingeniero metalúrgico en la
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

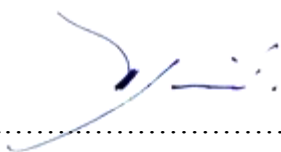
Huacho – Perú

**“CIANURACIÓN DINÁMICA DE MINERALES CON PRESENCIA DE COBRE
PARA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA”**



Dr. José Vicente Nunja García

Presidente



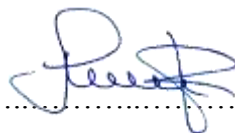
Ing. Israel Narvasta Torres

Secretario



M(o). Hector Jorge Castro Bartolome

Vocal



M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez

Asesor

DEDICATORIA

A nuestros padres por el apoyo incondicional durante nuestra niñez, adolescencia y juventud.

AGRADECIMIENTO

Muestro agradecimiento a Dios por permitirnos guiar en el camino de la vida a nuestros padres, docentes que nos ayudaron a lograr nuestras metas.

PENSAMIENTO

“Todos somos aficionados. La vida es tan corta
que no da para más” (Charles Chaplin)

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
PENSAMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLA.....	x
INDICE DE FIGURA.....	xii
INDICE DE ANEXO.....	xiii
ABREVIATURA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2 Formulación del Problema.....	19
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problemas Específicos.....	19
1.3 Objetivos de la Investigación.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivo específico.....	19
1.4 Justificación de la Investigación.....	20
1.5 Delimitación del Estudio.....	21
1.5.1 Delimitación de territorio.....	21
1.5.2 Delimitación de tiempo espacio.....	21
1.5.3 Delimitación de recursos.....	22

1.6	Viabilidad del Estudio.	22
CAPITULO II MARCO TEORICO		23
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	23
2.1.1.	Investigación Internacional.	23
2.1.2.	Investigación Nacional.....	24
2.2.	Bases Teóricas.	25
2.2.1.	Química de la extracción del oro.....	25
2.2.2.	Cianuración del oro y plata.	26
2.2.3.	Variables de la cianuración.	27
2.3.	Definiciones conceptuales.	32
2.4.	Hipótesis de la Investigación.....	33
2.4.1.	Hipótesis General.	33
2.4.2.	Hipótesis Específicos.	33
2.5.	Operacionalización de Variables e Indicadores.....	34
CAPITULO III METODOLOGIA.....		35
3.1.	Diseño Metodológico.	35
3.2.	Población y Muestra.	36
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	36
3.4.	Técnicas para el Procesamiento de la Información.	37
3.5.	Matriz de Consistencia.	38
CAPITULO IV		39
RESULTADOS		39
4.1.	Análisis de resultados.....	39
2.5.1.	Condiciones del trabajo de investigación.....	39
2.5.2.	Resultados de las pruebas de cianuración.	41

4.2. Contratación de hipotesis.	50
2.5.3. Contratación de hipótesis general.	50
2.5.4. Contratación de hipótesis específicos.	53
CAPITULO V	60
DISCUSIÓN.....	60
5.1. Discusión de Resultados.....	60
CAPITULO VI.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6.1. Conclusiones.....	62
6.2. Recomendaciones.	63
CAPÍTULO V FUENTES DE INFORMACION	64
5.1. Fuente bbibliografía.....	64

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Operacionalización de las variables e indicadores.....	34
Tabla 2 Matriz de consistencia.....	38
Tabla 3.....	39
Tabla 4 Condiciones de trabajo.....	39
Tabla 5 Corridas de las cianuraciones.....	40
Tabla 6 Análisis de malla valorada	41
Tabla 7 Balance metalúrgico de la cianuración NaCN 0.5 g/L 75%-200m.....	42
Tabla 8 Recuperación Au, Ag NaCN 0.5 g/L 75%-200m.....	42
Tabla 9 Consumo de NaCN 0.5 g/L 75%-200m.....	43
Tabla 10 Consumo de CaO NaCN 0.5 g/L 75%-200m.....	43
Tabla 11 Balance metalúrgico de la cianuración NaCN 0.8 g/L 85%-200m.....	44
Tabla 12 Recuperación Au, Ag NaCN 0.8 g/L 85%-200m.....	44
Tabla 13 Consumo de NaCN NaCN 0.8 g/L 85%-200m.....	45
Tabla 14 Consumo de CaO con NaCN 0.8 g/L 85%-200m.....	45
Tabla 15 Consumo de NaCN y CaO	46
Tabla 16 Recuperación de oro y plata.....	47
Tabla 17 Recuperación del oro y plata en las 6 pruebas	49
Tabla 18 Análisis de varianza recuperación Au vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral.....	50
Tabla 19 Análisis de varianza recuperación Ag vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral.....	51
Tabla 20 Análisis de varianza recuperación Au vs %-200m.....	53
Tabla 21 Análisis de varianza recuperación Ag vs %-200m.....	54
Tabla 22 Análisis de varianza recuperación Au vs NaCN g/L.....	55
Tabla 23 Análisis de varianza recuperación Ag vs NaCN g/L.....	56
Tabla 24 Análisis de Varianza kg/t(NaCN 0,05%) vs Tiempo hr.....	57

Tabla 25 Análisis de Varianza kg/t(CaO, 0.05%) vs Tiempo hr.....	58
--	----

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Ubicación geográfica de la corporación planeta azul SAC	21
<i>Figura 2 Reacción solido liquido de la disolución del oro en el cianuro en la solución</i>	<i>27</i>
Figura 3 Diagrama potencia-pH NaCN-Au-Au-Cu- H ₂ O.....	29
Figura 4 formación de ácido cianhídrico y cianuro ocioso vs pH.....	30
Figura 5 Efecto del oxígeno en la extracción del oro.....	31
Figura 6 Curva de consumo de NaCN	46
Figura 7 Curva de consumo de CaO	47
Figura 8 Curva de Recuperación de plata	48
Figura 9 Curva de recuperación del oro	48
Figura 10 Diagrama de Pareto recuperación Au vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral	51
Figura 11 Diagrama de Pareto recuperación Ag vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral	52
Figura 12 Diagrama de Pareto recuperación Au vs %-200m.....	53
Figura 13 Diagrama de Pareto recuperación Ag vs %-200m.....	54
Figura 14 Diagrama de Pareto recuperación Au vs NaCN g/L.....	56
Figura 15 Diagrama de Pareto recuperación Ag vs NaCN g/L.....	57
Figura 16 Diagrama de Pareto consumo de NaCN vs tiempo.....	58
Figura 17 Diagrama de Pareto consumo de CaO vs tiempo.	59

INDICE DE ANEXO

<i>Anexo 1 localización</i>	69
<i>Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos Análisis malla valorada</i>	70
<i>Anexo 3 Instrumentos para la toma de datos Ley de cabeza</i>	70
<i>Anexo 4 Instrumentos para la toma de datos Pruebas de cianuración consumo de cal cianuro de sodio</i>	70
<i>Anexo 5 Instrumentos para la toma de datos Ley de cabeza, solución y relave</i>	71
<i>Anexo 6 Análisis de malla valorada.....</i>	72
<i>Anexo 7 Balance metalúrgica.....</i>	72
<i>Anexo 8 diseño de las pruebas de la cianuración</i>	73
<i>Anexo 9 pruebas de cinética de cianuración con 0.05% NaCN</i>	73
<i>Anexo 10 Consumo de NaCN con 0.05% NaCN</i>	73
<i>Anexo 11 Consumo de CaO con 0.05% NaCN</i>	73
<i>Anexo 12 pruebas de cinética de cianuración con 0.08% NaCN</i>	74
<i>Anexo 13 Consumo de NaCN con 0.08% NaCN</i>	74
<i>Anexo 14 Consumo de CaO con 0.08% NaCN</i>	74
<i>Anexo 15 Consumo de NaCN, CaO, Recup. Au, Ag.....</i>	75
<i>Anexo 16 Curva de Consumo de NaCN</i>	75
<i>Anexo 17 Curva de Consumo de CaO.....</i>	75
<i>Anexo 18 Curva de Recuperación de plata</i>	76
<i>Anexo 19 Curva de Recuperación de oro.....</i>	76

ABREVIATURA

%	:	Porcentaje
%-200m	:	Porcentaje pasante a la malla 200.
&	:	I
µm	:	Micra
Ag	:	Plata
Au	:	Oro
DE	:	Desviación estándar
g.l	:	Grado de libertad
g/L	:	Gramo por litro
g/t	:	Gamo por tonelada métrica
kg/t	:	Kilogramo por tonelada métrica
m ³ /h	:	Metros cúbicos por hora
mg/L	:	Miligramo por litro
mm	:	Milímetro
onz/t	:	Onzas por tonelada
Oz/t	:	Onza por tonelada métrica
p	:	Pagina
pH	:	Potencial de hidrogeno
pp	:	Paginas
PtCentral	:	Puntos centrales
S.A	:	Sociedad anónima
SAC	:	Sociedad anónima cerrada

RESUMEN

En el trabajo de investigación de “Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y plata” es un trabajo de investigación experimental cuantitativa para ello se utilizó un mineral con ley de cabeza de 84.98 g/t de Au, 23.7 g/t de Ag, 0.272% Cu y 5.471% Fe; con una dilución de 2.5, con fuerza de cianuro de sodio de 0.05% que es de 0.5001 g/L y 0.08% de 0.8002 g/L de NaCN con un intermedio de 0.065% 0.650 g/L a una granulometría pasante a la malla -200m de 75% y 85% con un intermedio de 80%. Obteniendo un mejor resultado con 85% -200m a 0.80 g/L de NaCN en un tiempo de 72 horas, con un consumo de NaCN de 4.42 a 4.45 g/kg, CaO 0.72 a 86 g/kg una recuperación del 84.5% de oro y 11.15% de plata. Concluyendo que la liberación del mineral pasante a la malla %-200m, y la interacción de %-200m y NaCN(g/L) tiene efecto en la recuperación del oro y la plata, mientras que fuerza del NaCN(g/L) no tiene efecto en la recuperación del oro y la plata.

Palabra clave: Lixiviación de mineral aurífero, cianuración oro plata, extracción de oro y plata de mineral, recuperación de oro plata.

ABSTRACT

In the research work "Dynamic cyanidation of minerals with presence of copper for gold and silver extraction" is a quantitative experimental research work for which a mineral with a head grade of 84.98 g/t of Au was used. , 23.7 g/t of Ag, 0.272% Cu and 5.471% Fe; with a dilution of 2.5, with sodium cyanide strength of 0.05% which is 0.5001 g/L and 0.08% of 0.8002 g/L of NaCN with an intermediate of 0.065% 0.650 g/L at a granulometry through the mesh - 200m of 75% and 85% with an intermediate of 80%. Obtaining a better result with 85% -200m at 0.80 g/L of NaCN in a time of 72 hours, with a consumption of NaCN from 4.42 to 4.45 g/kg, CaO 0.72 to 86 g/kg, a recovery of 84.5% gold and 11.15% silver. Concluding that the release of the ore through the mesh %-200m, and the interaction of %-200m and NaCN(g/L) has an effect on the recovery of gold and silver, while the strength of NaCN(g/L) does not It has effect on the recovery of gold and silver.

Keywords: Gold ore leaching, gold silver cyanidation, extraction of gold and silver from ore, recovery of gold silver.

INTRODUCCIÓN

En el trabajo investigación respecto a la “Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y plata” tiene por finalidad como afecta la liberación del mineral y la concentración del cianuro de sodio en la extracción del oro y plata en la recuperación, por otra parte estimar el consumo de NaCN, CaO y el tiempo de cianuración que nos permita establecer si los parámetros establecidos nos permite una recuperación óptima.

La cianuración nace en 1783 con Carl Wilhelm al observar se dio cuenta que el oro se disolvía por la intervención del cianuro. La representación estequiometría se dieron por Elsner en 1846, Bagration en 1844 y Faraday en 1847 fundamentado cada uno de ellos la reacción de disolución cada uno desde su punto de vista. La aplicación en la extracción del oro a partir de los minerales se dio en 1887 por MacArthur (Moran, 1998).

Los resultados de la investigación le permite a la empresa establecer los parámetros operacionales y realizar una proyección de mejora en la recuperación del oro y plata.

La cianuración es una de las técnicas ampliamente difundida y empleado en el mundo para la recuperación del oro y plata a partir de minerales diseminado con leyes intermedias y de baja ley que son económicamente tratables, sin embargo se tiene que evaluar otros factores que intervienen en la cianuración como la liberación, tiempo, densidad de pulpa, fuerza de cianuro de sodio, etc. Por ello es necesario evaluar algunos parámetros que nos permita obtener una mejor recuperación, en nuestro caso la liberación una de los factores importantes ya que se tiene que ver en que malla es la más adecuada la liberación de las partículas valiosas y la fuerza del cianuro de sodio con que fuerza es la más adecuada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

Se desea realizar una investigación de cianuración de minerales que contiene oro y plata con presencia de cobre con la finalidad de extraer de oro y plata a partir de un mineral en forma de cianuro áurico y cianuro de plata con una mayor extracción posibles de oro y plata. Es importante el aprovechamiento de los recursos naturales de oro y plata que se encuentra en la corteza terrestre con la finalidad de obtener los recursos económico que puedan servir como ingreso a la empresa, los colaboradores y al gobierno central como regional y local.

El proceso de extracción de oro y plata a partir de los minerales es un proceso donde se usa el cianuro de sodio como reactivo que permite disolver en un medio acuoso que pasa a la solución en forma de anión como cianuro áurico que luego será recuperado mediante una adsorción de carbón activado y la precipitación por zinc que son los dos métodos ampliamente empleados a nivel industrial.

En una investigación a nivel internacional realizado una cianuración de minerales auríferos con presencia de cobre, plomo, arsénico, antimonio y plata de los cuales se realizaron dos pruebas la primera con ley de 10.5 ppm de oro con alto contenido de arsénico y antimonio con una liberación del -75um con una fuerza de cianuro de 4000 mg/L, pH de 11.1 en 24 horas con ello se obtuvo una recuperación del 94.91% de oro y 28.2% plata y la segunda con una ley de 2.5 ppm de oro y 160 ppm de plata con una fuerza de cianuro de 2500 ppm, pH 10.5 y en 24 horas, con una inyección de aire más peróxido de hidrogeno(0.015M) a razón de 0.15 L/min se obtuvo una recuperación del orden de 92.5% de oro y 93.5% de plata y una tercera prueba con muestras de la primera con un pre tratamiento con HNO₃ y HCl con una tostación de 600 a 1000°C con un tiempo de 0.5 a 2 horas obteniendo una reducción de consumo de cianuro entre

210 a 340 mg/L con una recuperación de 95.11% y 98.87% de oro respectivamente (Karimi, y otros, 2010).

El presente estudio es necesario realizar en base la investigación básica con la finalidad de obtener información para ser aplicada en el proceso industrial en función a los parámetros de las variables se pueden establecer límites de control operacionales.

Por ello es necesario realizar un estudio de cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para la extracción de oro y plata.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General.

¿En qué medidas la cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre permite la extracción de oro y plata?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿En qué medida la liberación del mineral tiene influencia en la recuperación de oro y plata?

¿En qué medida la fuerza de cianuro tiene influencia en la recuperación de oro y plata?

¿En qué medida el tiempo de cianuración de minerales con presencia de cobre permite cuantificar el consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar la cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre en la extracción de oro y plata.

1.3.2 Objetivo específico

Analizar en qué medida la liberación del mineral tiene influencia en la recuperación de oro y plata

Analizar en qué medida la fuerza de cianuro tiene influencia en la recuperación de oro y plata.

Analizar el tiempo de cianuración de minerales con presencia de cobre para cuantificar el consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio.

1.4 Justificación de la Investigación.

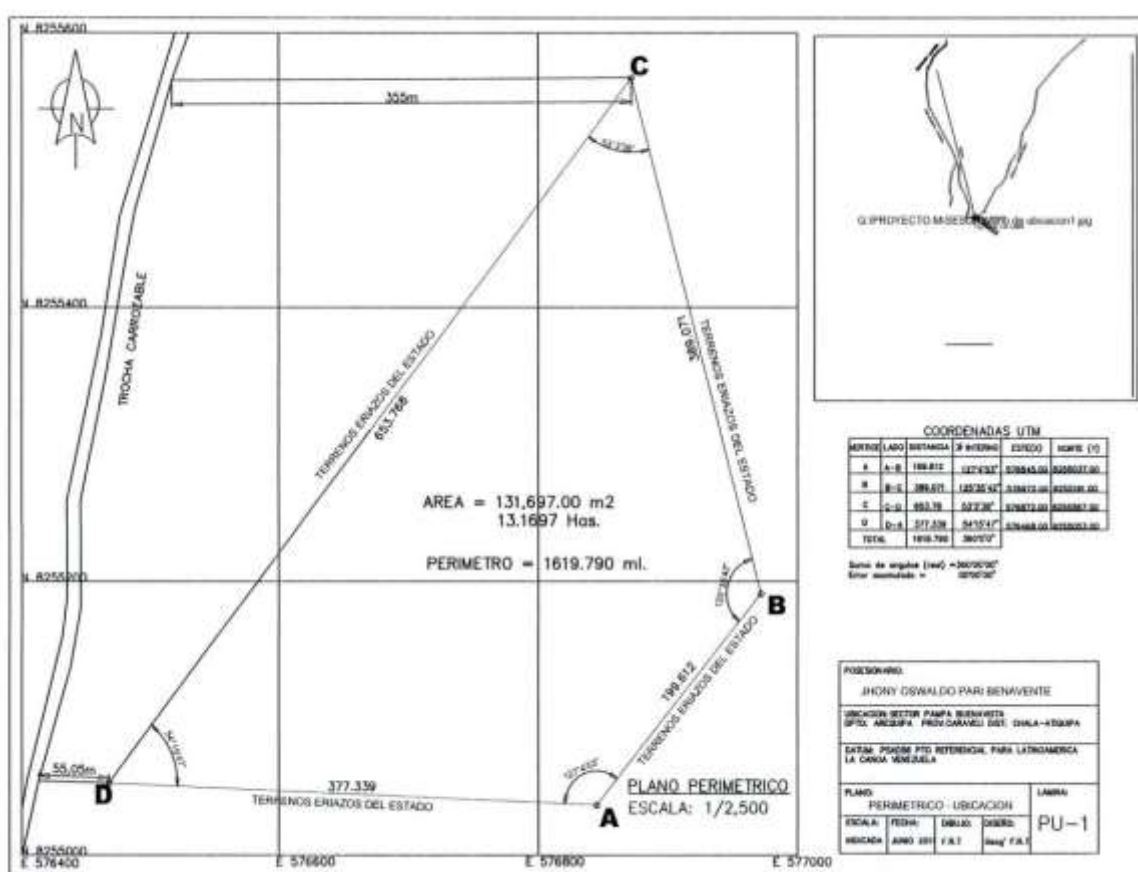
Es importante realizar el estudio porque nos permite obtener el estudio establecer los parámetros operacionales en la cianuración dinámica para luego llevar a cabo el siguiente nivel de pilotaje y el diseño del proceso para la producción industrial en la extracción y recuperación de oro y plata que conlleva a la recuperación de los recursos naturales y obtener ingresos de las empresas y del estado peruano. Las instituciones educativas superiores una de sus metas es la producción de conocimientos y la formación de profesionales en las diferentes áreas por ello es necesario realizar las investigaciones con la finalidad de producir conocimientos y su divulgación, por otra parte, obtener en lo personal obtener el título personal.

1.5 Delimitación del Estudio.

1.5.1 Delimitación de territorio.

El estudio se realizará en el laboratorio de la empresa ubicado a tres 3 horas y medio de la Sacocha distrito de Chala Atiquipa, provincia de Caraveli departamento de Arequipa.

Figura 1
Ubicación geográfica de la corporación planeta azul SAC



1.5.2 Delimitación de tiempo espacio.

El tiempo a realizar el estudio se realizará durante el periodo 2022 entre los meses mayo a agosto, donde se realizarán las pruebas de laboratorio y la elaboración del informe a realizar con los tramites y sustentación se realizará a más tardar al fin de año del 2022.

1.5.3 Delimitación de recursos.

Las limitaciones de orden económico y acceso a laboratorio acreditadas para realizar un estudio más amplio y validación de certificación tienen a tener un precio más elevado por parte de las empresas de esa índole.

1.6 Viabilidad del Estudio.

Para el presente estudio sobre la cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para la extracción de oro y plata es viable por contar con la información necesario y las técnicas y metodología para realizar las pruebas experimentales, además se cuenta con la asesoría de personas que cuentan con amplia experiencia en el rubro, por otra parte, por contar con el permiso de los directivos para realizar el estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigación internacional.

Hernández, y otros (2019) en su investigación respecto a “Oxidación de pirargirita con metabisulfito y cianuración de plata” publicado en la revista en tópicos de la investigación en ciencia de la tierra y materiales es un trabajo experimental. Obteniendo una caracterización mediante DRX un solo componente de Ag_3SbS_3 realizando un pre tratando con metabisulfito y luego con cianuro, obteniendo con una concentración de 0.105 M de metabisulfito de sodio en 96 horas tuvo una extracción de 25% de plata, mientras que con una concentración de 0.21 M en 200 horas tuvo una extracción del 37% de plata. Concluyendo que la oxidación de Sb-O y Sb_2O_3 permite la formación de una capa protectora en la superficie del mineral y no permite el ingreso del cianuro para la lixiviación de la plata.

Aguilar (2021) en su trabajo sobre “Aplicación de pre - aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina “Cristhian David”, Pasaje-El Oro” presentado a la universidad del Azuay Ecuador es un trabajo experimental. Las pruebas se realizaron con diferentes inyecciones de aire de las cuales se realizaron 8 pruebas con 3 réplicas para cada prueba realizando 24 pruebas a un pH de 12, en 4.5 horas, 100% -200m, 0.4% NaCN. Los resultados obtenidos a un flujo de $0.14 \text{ m}^3/\text{h}$ se tiene una recuperación del orden de 27.065% de oro a comparación de sin inyección de aire de orden del 23.052%. Concluyendo que a medida que se incrementa la inyección del flujo de aire se incrementa la recuperación del oro.

Zhang y otros (2021) en el trabajo realizado sobre “Efecto de la temperatura de tostación en la recuperación de oro y plata refractarios en concentrados de pirita” publicad en la revista de minería y metalurgia es un trabajo experimental. El concentrado de pirita de oro y plata se

calcino a una temperatura entre 500 – 600°C, mediante el microscopio electrónico de barrido se caracterizó la calcina y se lixivió con cianuro de sodio. El resultado se encontró la presencia de oro en la calcina menor a 1 micra y la recuperación del oro y plata del concentrado es de 20% y 50% respectivamente, mientras que la cianuración de la calcina la recuperación es del orden de a 73% a 86%. Concluyendo que la mejor recuperación del oro y plata es cuando la calcina es tratada entre 500°C a 600°C, mientras que el tratamiento es superior a ello se forma la sinterización y la formación de Ag-Fe-S que no se disuelve con el cianuro por lo tanto disminuye la recuperación de oro y plata.

2.1.2. Investigación Nacional.

En el trabajo de investigación Morles (2018) respecto “Evaluación del proceso de cianuración por agitación de minerales de oro y plata de la zona minera de malco en el distrito de Puyo – Ayacucho” presentado a la Universidad nacional José Basadre Grohmann Perú, es una investigación experimental. El trabajo consta un tiempo de molienda de 25 y 35 minutos de molienda, a un pH de 10.3 y 10.5 con una dosificación de cal de 1.0 g/kg y 1.5 g/kg, mientras que el cianuro de sodio de 1.9 g/kg a 9.0 g/kg en un tiempo de 24 horas para una ley de cabeza de 9.3 g/t de oro, 31.2 g/t plata. Obteniendo un resultado del consumo de NaCN de 9.0 g/t a un pH de 10.3 a 10.5 a 71% pasante a la malla 200(35 minutos). Concluyendo que se tiene 98.50% de recuperación de oro y 61.40% de plata (p.74).

Chuquiyauri (2018) en su trabajo sobre “Cianuración intensiva de concentrados y la recuperación de oro y plata en minera Poracota S.A - Arequipa – 2018” presentado a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Perú es un trabajo experimental. Donde tiene en cuenta la fuerza del cianuro de sodio de 0.2% y 0.1%, con inyección de aire y sin inyección, pH de 11 y 12 para un mineral para una cabeza de 18.90 onz/t de plata y 3.71 onz/t de oro. El resultado obtenido en 72 horas con una fuerza de 0.2% de cianuro de sodio a pH de

12 con inyección a 25 rpm se obtuvo una recuperación del 93.14% para el oro y 88.63% de plata.

Gonzales & Bravo (2021) en su investigación “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” presentado a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión es un trabajo preexperimental. Las condiciones de trabajo a nivel industrial tienen una densidad del 1350 g/L de densidad, con una fuerza de cianuro de sodio de 300ppm, con inyección de aire para una ley de cabeza de 2.7 g/t de oro. Con un resultado de 81.73% de recuperación de oro sin la inyección del oxígeno, mientras que con una inyección de oxígeno a razón del 7.30 mg/L se tiene 99.10% de recuperación de oro. Concluyendo que la inyección del aire tiene efecto significativo en la extracción de oro ya que el valor de p calculado es menor de 0.05, mientras que la liberación no tiene influencia significativa en la recuperación del oro ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Química de la extracción del oro.

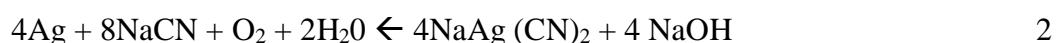
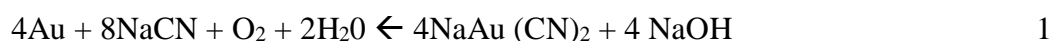
El oro es el único elemento estable en la naturaleza a las condiciones ambientales encontrándose como oro elemental, aleados con la plata, cobre, y también como telurio (AuTe_2) y estibina (AuSb_2). El oro reacciona con todos los alógenos como el caso del bromo formado Au_2Br_6 a condiciones ambientales en un proceso exotérmico (Stanley, 2001).

El proceso de extracción de oro se realiza en un medio acuoso por oxidación donde se obtiene auroso(+1) y áurico(+3). Para que sean posible es necesario el empleo un componente oxidante como el agua regia mezcla de ácido clorhídrico con ácido nítrico. El orden de estabilidad de los complejos se tiene una orden de $\text{SeCN}^- > \text{SCN}^- > \text{OCN}^-$ o $\text{CN}^- > \text{HN}_3 > \text{H}_2\text{O}$. El oro(I) forman complejos más estables con S, C, Se y P, mientras que por otra parte el oro (II)

forman complejos más estables con elementos electronegativo con N, O, F, Cl, etc (Stanley, 2001).

2.2.2. Cianuración del oro y plata.

La cianuración de oro y plata desde el punto de vista química se establece de acuerdo las siguientes leyes Elsner, Janin, Bodlaender de los cuales lo mas predecible es la de Elsver que está fundamentado en la siguiente reacción (Misari, 2010):



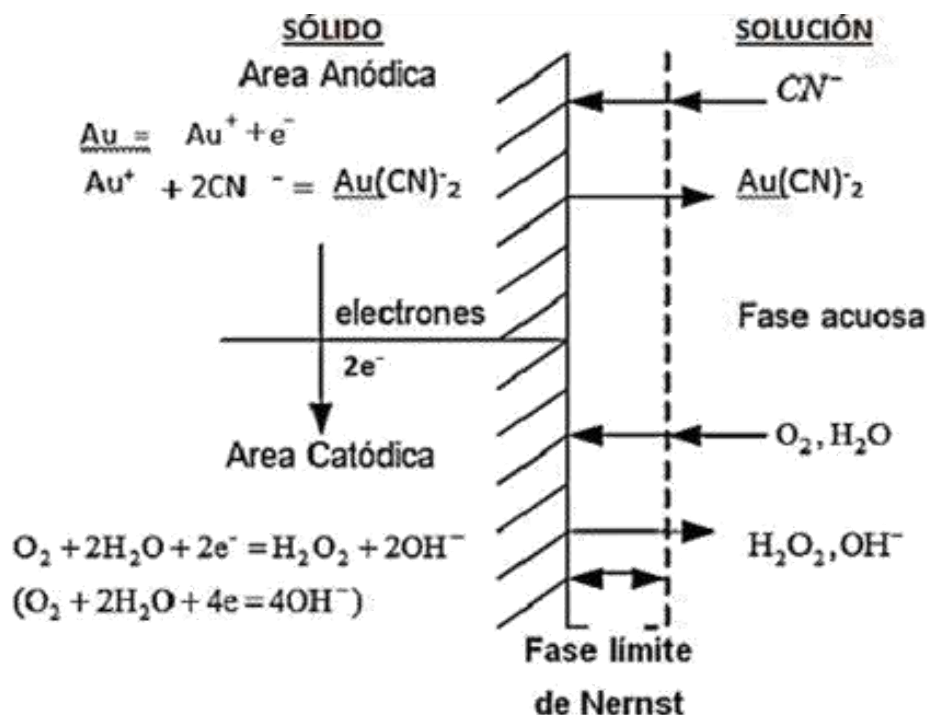
El proceso de cianuración se puede realizar en forma estático y dinámico. En el caso estático se puede realizar en in situ, en botaderos y pilas. Mientras que en el dinámico se tiene mecánico y neumático para el caso de nuestro trabajo a realizar se realizara una cianuración dinámico mecánico por agitación en pulpa.

En la cianuración de minerales se pueden emplear KCN, NaCN, Ca(CN)₂ sin embargo el cianuro de sodio es el más emplea por su mayor concentración CN⁻ del orden del 53% frente al cianuro de potasio CN⁻ del orden 40%, mientras que el cianuro de calcio CN⁻ es del orden del 56.5% pero tiene una mayor impureza a comparación de los otros (Dominick, 2001, pág. 197).

El proceso de cianuración de minerales son reacciones heterogéneas donde interactúan entre al sólido y líquida en la disolución del oro teniendo las siguientes secuencias: La absorción del cianuro en la solución, El cianuro y oxígeno es transferido a la interfase sólido líquido, adsorción a la superficie sólido de CN⁻ y O₂, reacción de oxidación reducción, desorción de los componentes solubles de oro y CN⁻ y otras reacciones producidas en la superficie del sólido y los productos de la desorción son transferido a la solución (Yanoopoulos, 1991, pág. 145).

Figura 2

Reacción sólido líquido de la disolución del oro en el cianuro en la solución



Nota: Fuente citado por Yanoopoulos (1991) de Habashi(1967) del tema “Cinética de la disolución de oro y plata en solución cianurada”.

2.2.3. Variables de la cianuración.

En el proceso de cianuración se cuentan con diferentes variables que interviene en el proceso de cianuración desde el proceso de caracterización, proceso de molienda y en el proceso de cianuración entre ellos tenemos densidad del mineral, mineralogía, liberación, tiempo de cianuración, fuerza de cianuro, pH, calidad del agua, oxígeno.

2.1.1.1. Mineralogía.

La importancia de la presencia de los componentes de los minerales es necesario conocerlo para poder tomar la decisión de la liberación del minero, fuerza de cianuro que interviene en el consumo, consumo de modificador de pH como la cal e hidróxido de sodio. Los minerales con presencia de arsenopirita, pirita, esfalerita, tetraedrita, boulangerita y galena, con un porcentaje menor del 1% calcopirita, jamesonita, pirrotita y oro. Por otra parte, los minerales oxidados

como relave se tiene cuarzo, carbonatos y las arcillas la sericita, saussurita donde el oro se encuentra en un tamaño menor a 38 μm del orden del 80% y como incrustaciones menores a 10 μm en pirita el 36% y en la arsenopirita el 6.3% (Gallego, Zapata, & Márquez, 2005).

2.1.1.2. Liberación del mineral.

En el sistema de molienda los minerales para la cianuración deben ser liberado pasante el 80% a la malla 200, lo que se tiene que tener en consideración es el tamaño si el oro en que malla se podría estar libre o sea el encapsulamiento para ello es necesario realizar un estudio metalográfico para ser liberado y el oro se libere de los otros elementos. A una liberación pasante a la malla 200 el 80% se tiene una recuperación del orden de 90.42% a 91.67% (Flores, 2019).

2.1.1.3. Densidad de pulpa en la cianuración.

2.1.1.4. Tiempo de cianuración.

En la disolución del oro en la cianuración depende del tamaño de las partículas de oro presente en el mineral, una partícula de oro de 44 micras malla 325 tardara 13 horas en disolverse, mientras que una partícula de 1.19 micras malla 100 tardara 44 horas en disolverse por otra parte la plata presente tardara el doble de tiempo en disolverse lo que demora la disolución del oro ya que el oro y plata se encuentran asociados (Misari, 2010, pág. 27). El tiempo de cianuración a nivel laboratorio es de 72 horas para una recuperación de 94.03% (Peralta, 2021).

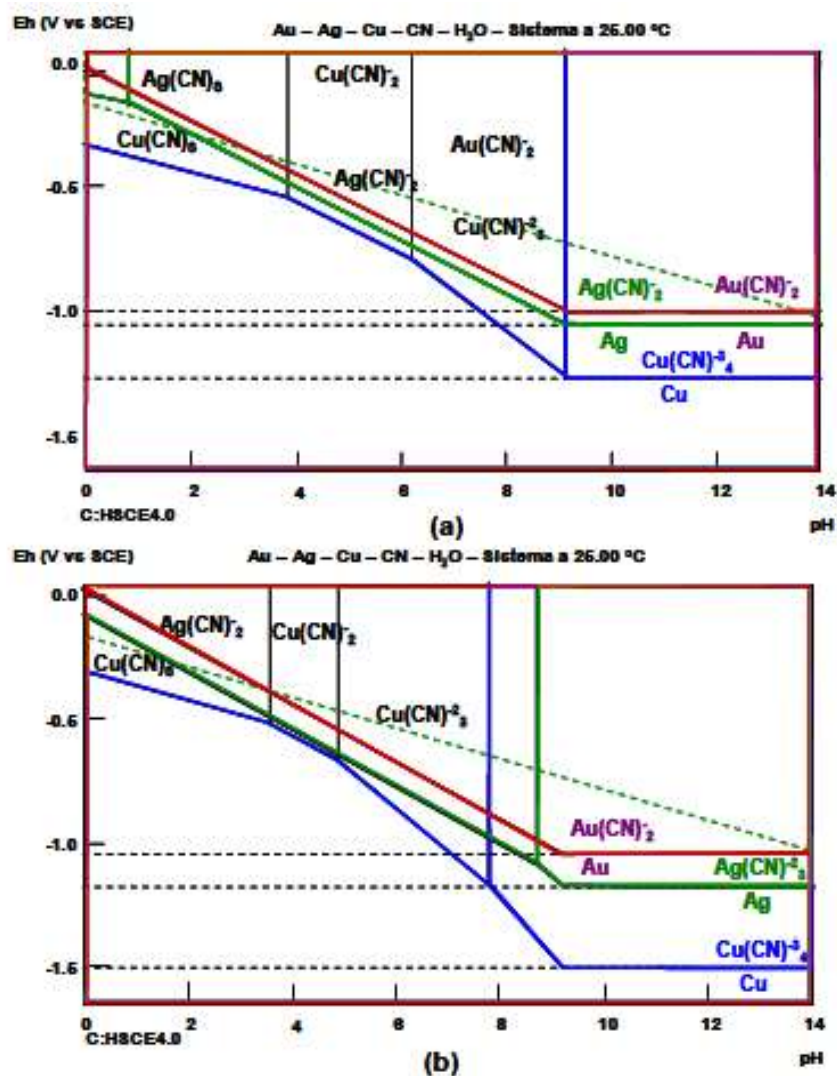
2.1.1.5. Fuerza de cianuro.

La concentración del cianuro de sodio en los estudios realizados tiene diferentes concentraciones esto debido el comportamiento del mineral de acuerdo la composición mineralógica según J. Maclaurin la concentración es del 0.25% de NaCN, para Barsky Swainson y Hedley para acelerar la cianuración la concentración considera 0.05% NaCN en operaciones industriales prácticos la concentración es de 0.02% a 0.03% NaCN (Misari, 2010).

2.1.1.6. pH.

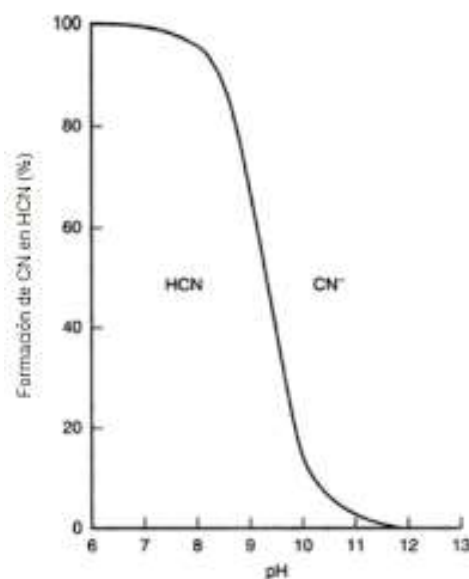
En el proceso de cianuración el pH es un factor importante para la disolución del oro en la cianuración ya que en orden de pH interior a 8 y mayor a 11 disminuye la disolución del oro (Kumar, 2003), el proceso práctico el pH empleado es de 11 para garantizar una estabilidad del cianuro en la pulpa, mientras que a un pH acida forma el gas cianuro de hidrogeno tiende a liberarse y es alta mente venenoso y a un pH alcalina disminuye su efecto de disolución por lo que se maneja a un pH 10.5 a 11.

Figura 3
Diagrama potencia-pH NaCN-Au-Ag-Cu- H₂O



La fuerza del cianuro en el caso a) de 5 g/L, mientras que b) de 30g/L (Perez & Higuera, 2008, pág. 158)

Figura 4
formación de ácido cianhídrico y cianuro ocioso vs pH



De acuerdo a la figura 4 la presencia de cianuro ocioso más conveniente es a pH mayor a 10 para darle mayor estabilidad.

En el proceso de cianuración de los minerales pueden formarse cianato con la presencia de oxígeno y los minerales sulfurados, cuando esta la solución en estado ácido se forma el cianuro de hidrógeno y esto por la presencia del oxígeno genera $4\text{HCN} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CNO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$, mientras que en un pH básico el cianuro ocioso tiene la reacción de $3\text{CN}^- + 2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CNO}^- + 2\text{OH}^-$ (Misari, 2010).

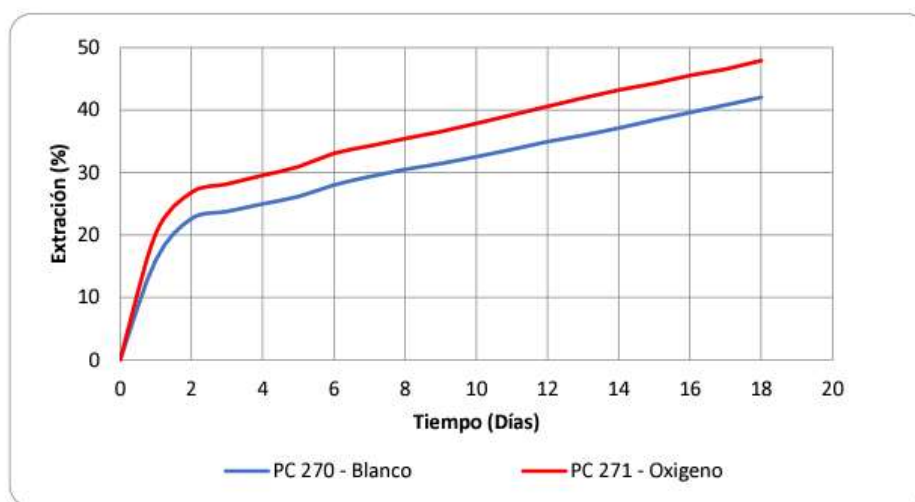
2.1.1.7. Efecto del oxígeno en la cianuración.

En la cianuración del oro es necesario emplear agente oxidante para la disolución como el peróxido de hidrogeno, peróxido de sodio, potasio, permanganato, cloro, bromo y oxígeno. El empleo del oxígeno es lo más económico y esto depende de las siguientes condiciones: presión(altitud), temperatura, agitación y fuerza de la solución (CN^-). En condiciones de baja concentración de cianuro de sodio la presión del oxígeno no tiene efecto en la disolución, mientras que a alta concentración del cianuro la velocidad de disolución depende de la presión del oxígeno es decir la inyección del oxígeno y la velocidad de agitación que permita distribución del oxígeno en la pulpa (Yanoopoulos, 1991). La presencia del oxígeno en la

solución debe tener 8 mg/L para una disolución del oro para una agitación, mientras que la presencia de una del oxígeno con una pureza de 99.5% tiene una velocidad de disolución del orden de 12.62 mg/cm²/h (Misari, 2010).

Figura 5

Efecto del oxígeno en la extracción del oro



El efecto del oxígeno inyectado en la extracción del oro en comparación sin forzado lo que evidencia tiene un mayor extracción del oro (Aquino, 2019).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) **Agitación:** Es el proceso donde la pulpa constituida por mineral y agua son removido mediante una paleta mecánica con la finalidad de que se encuentre en suspensión el mineral y tenga contacto con el cianuro y el aire para una disolución adecuado del oro.
- b) **Cianuración dinámica:** Es el proceso donde el mineral, agua, cianuro, aire tiene contacto con una agitación ya sea mecánica o neumática en un tanque de cianuración.
- c) **Consumo de cal:** Es la cantidad de la cal que se necesita para mantener un pH de cianuración del orden de 11 donde los componentes del mineral sulfuros y acides sean neutralizado para una extracción optima del oro y plata expresado en gramos por tonelada métrica.
- d) **Consumo de cianuro:** Para una disolución de oro y plata se necesita la cantidad adecuada del cianuro incluyendo el gasto que genera los otros componentes del mineral expresado en g/t (gramo por tonelada métrica).
- e) **Extracción:** Es el proceso donde el reactivo permite transferir el oro que se encuentra en solido a forma iónica en un medio acuoso en un determinado tiempo es decir $Au \rightarrow Au$.
- f) **Fuerza de cianuro:** Es la concentración del cianuro en el agua expresado en mg/L(ppm), g/L o %.
- g) **Liberación de minerales:** Es la molienda de los minerales con la finalidad de que el mineral se separan de otros minerales que se encuentran asociados.
- h) **Lixiviación:** Es un conjunto de técnicas que permite la extracción de los elementos metálicos y no metálicos mediante un agente extractor sales y ácidos como la cianuración de oro, lixiviación de cobre con ácido sulfúrico, etc.

- i) **Tiempo cianuración:** Es el espacio que se emplea para tratar de extraer la mayor cantidad del oro y plata de los minerales a un medio acuoso como cianuro áurico, cianuro de plata, etc.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

La cianuración dinámica a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la extracción de oro y plata.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

La liberación de los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

La fuerza de cianuro en la lixiviación a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

El tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

Tabla 1
Operacionalización de las variables e indicadores.

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Cianuración dinámica	Es el tratamiento de los minerales en medio acuoso usando el cianuro de sodio como medio extractor del oro y plata mediante una agitación mecánica.	Paramento	- Liberación de mineral. - Fuerza de cianuro sodio. - Tiempo de cianuración
Dependiente			
Extracción de oro y plata	Es el proceso por el cual el oro y plata que se encuentra en el mineral es trasferido al medio acuoso en forma de iones formando el cianuro áurico y cianuro de plata	Rango	- Recuperación de Au, Ag. - Consumo de NaCN y CaO.
Intervinientes			
Componentes no controlados	Son las variables que no se tiene en cuenta en el estudio, pero son parte del proceso.	Factores no incluyentes	- Agitación. - Aeración - pH. - Temperatura.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

Para la investigación que se pretende realizar tiene un nivel de investigación aplicada ya que se pretende solucionar problemas del sector productivo en base a los conocimientos básicos (Silvestre & Huamán, 2019).

3.1.2. Nivel de Investigación.

En el presente trabajo de investigación a realizar tendrá un nivel explicativo ya que permite explicar la causa y efecto de los fenómenos de las cosas para nuestro caso las condiciones de la cianuración dinámica que permite la extracción y su recuperación del oro (Palella & Martins, 2012)

3.1.3. Diseño de la Investigación.

La investigación a realizar tiene un diseño experimental, ya que se realizará a nivel de laboratorio con la finalidad de buscar parámetros o condiciones de trabajo para obtener una recuperación adecuada del oro (Carrasco, 2010).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

En el estudio sobre cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para la extracción de oro y plata es una investigación cuantitativa ya se tendrá que ser recolectada datos para luego procesar y analizar (Hernandez, Fernandez, & Batista, 2014).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

Se considera la población en estudio al mineral que se encuentra en la concesión de la corporación planeta azul SAC las que se consideraran como población las vetas existentes.

3.2.2. Muestra de la Investigación.

El mineral para las pruebas metalúrgicas se recopilaran de las vetas de la concesión de la corporación plante azul, las cuales de muestrearan cada 10 metros con una profunda de acuerdo el comportamiento de las vetas aproximadamente 200 kilogramos las cuales se llevaran al laboratorio donde se realizara la preparación de las muestras para las pruebas que consiste de chancado, cuarteado y pesado aproximadamente de 1 kilo por cada muestras en un total como mínimo de 10 muestras y uno de 0.25 kilos las cuales se realizara pulverizado etiquetado y enviado al laboratorio químico.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas a emplear.

En el estudio a realizar por su naturaleza experimental se empleará la técnica de la observación donde se recopilará la información al momento de la manipulación de los cados y los resultados de las pruebas (Carrasco, 2010) , tratándose de una cianuración de minerales con presencia de cobre mediante un proceso dinámico con la finalidad de obtener una recuperación optima de oro y plata.

3.3.2. Descripción de los Instrumentos.

Los instrumentos para la recolección de la información se usarán la lista de cotejo donde se registrarán la información de los datos antes y después de la prueba experimentales realizados a nivel laboratorio (Silvestre & Huamán, 2019).

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.

Para el trabajo a realizar sobre la cianuración dinámica de los minerales con presencia de cobre para la extracción de oro y plata se emplearán la estadística matemática para el procesamiento de los datos con ello se realizará el análisis de varianza, el promedio, graficas con el programa estadística de acceso libre minitab versiones anteriores y el jamovi de acceso libre, mientras que el Excel para los cálculos y balances de masa, para la digitalización de la información se usaran el Word y publicación y distribución de la información el pdf.

3.5. Matriz de Consistencia.

Tabla 2

Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	¿En qué medidas la cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre permite la extracción de oro y plata?	Analizar la cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre en la extracción de oro y plata.	La cianuración dinámica a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la extracción de oro y plata.	Independiente • Cianuración dinámica	Parámetro	Tipo de investigación: Aplicada
				Dependiente. Extracción de oro y plata	Rango	Nivel de Investigación: Explicativo
Específico	¿En qué medida la liberación del mineral tiene influencia en la recuperación de oro y plata?	Analizar en qué medida la liberación del mineral tiene influencia en la recuperación de oro y plata	La liberación de los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.	Independiente - Liberación de mineral	Parámetro	Diseño de Investigación: Experimental
				Dependiente. - Recuperación de oro plata	Rango	Enfoque de Investigación: Cuantitativo
	¿En qué medida la fuerza de cianuro tiene influencia en la recuperación de oro y plata?	Analizar en qué medida la fuerza de cianuro tiene influencia en la recuperación de oro y plata.	La fuerza de cianuro en la lixiviación a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.	Independiente - Fuerza de cianuro	Parámetro	Población Muestra: 200 kilogramos de mineral
				Dependiente. - Recuperación de oro y plata	Rango	Técnica Recolección Datos: Observación
	¿En qué medida el tiempo de cianuración de minerales con presencia de cobre permite cuantificar el consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio?	Analizar el tiempo de cianuración de minerales con presencia de cobre para cuantificar el consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio.	El tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio.	Independiente - Tiempo de cianuración	Parámetro	Técnica Procesamiento Información: Estadístico
				Dependiente. - Consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio	Rango	

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Analisis de resultados.

2.5.1. Condiciones del trabajo de investigación.

Las condiciones de las pruebas se describen en las tablas 3,4,5 donde se tiene las leyes del mineral, diseño de las pruebas y las codificación y datos de las pruebas realizadas.

Tabla 3

Leyes de mineral

Au (g/t)	Ag (g/t)	% Cu	% Fe
84,98	23,7	0,272	5,471

El mineral para las pruebas se tiene 1 kg con una densidad de 2.85 g/cm³, con una dilución de 2.5, fuerza de cianuro de sodio de 0.05% que es de 0.5001 g/L y 0.08% de 0.8002 g/L de NaCN con un intermedio de 0.065% 0.650 g/L a una granulometría pasante a la malla -200m de 75% y 85% con un intermedio de 80%.

Las condiciones de trabajo se evaluarán dos variables por lo 2ⁿ se tiene 4 pruebas con dos condiciones centrales.

Tabla 4

Condiciones de trabajo

	Mínimo	Máximo	Promedio
%-200m	75	85	80
F NaCN(g/L)	0,5	0,8	0,65

En la tabla 4 las condiciones de trabajo se tiene el porcentaje pasante a la malla 200 y fuerza de cianuro de sodio las condiciones de rango del %-200m 75%, 8% con un promedio de 80%, mientras que para la fuerza del cianuro de 0.5 g/L, 0.8 g/L con un promedio de 0.65 g/L.

Tabla 5

Corridas de las cianuraciones.

N°	X ₁	X ₂	Z ₁ (%-200m)	Z ₂ (NaCN g/L)
1	+	+	85,00	0,80
2	+	-	85,00	0,50
3	-	+	75,00	0,80
4	-	-	75,00	0,50
5	0	0	80,00	0,65
6	0	0	80,00	0,65

En la tabla 5 se describe las condiciones de las 4 pruebas y 2 centrales. Primera prueba se realizaron con una liberación 85% -200m, 0.80 g/L NaCN, segunda prueba 85% -200m, 0.50 g/L NaCN, tercera prueba con 75% -200m, 0.80 g/L NaCN, cuarta prueba con 75% -200m, 0.50 g/L NaCN y las pruebas centrales con 80% -200m, 0.65 g/L NaCN.

2.5.2. Resultados de las pruebas de cianuración.

En las pruebas de cianuración de los minerales se obtuvieron distribución de malla valorada, consumo de NaCN, CaO, recuperación de oro y plata.

Tabla 6

Análisis de malla valorada

Fracc.	%	kg					Distribución			
			Ag	Au	Cu	Fe	Ag	Au	Cu	Fe
Granul	peso		oz/tc	oz/tc	%	%				
65	71,1	0,71	6,06	5,11	1,1	11,8	63,64	71,44	64,68	75,11
100	6,9	0,07	6,91	4,75	1,4	10,6	7,04	6,44	7,57	6,54
200	9,5	0,1	8,68	5,72	1,6	10,3	12,18	10,69	12,27	8,76
400	5,2	0,05	9,71	6,43	1,7	9,26	7,46	6,57	7,31	4,32
-400	7,3	0,07	8,98	3,38	1,4	8,05	9,68	4,86	8,18	5,27
Total	1,000		6,77	5,09	1,23	11,14	100	100	100	100

En la tabla 6 la mayor ley de oro se encuentra en la malla 400 retenido del orden de 9.71 oz/tc de plata, 6.43 oz/tc de oro con una mayor presencia en la malla 65 retenido del orden del 63.64% para la plata y 71.44% para el oro.

2.5.2.1. Prueba 4 de cianuración.

Tabla 7

Balance metalúrgico de la cianuración NaCN 0.5 g/L 75%-200m

	Leyes			Con. Metálico		Distribución	
	g o cm ³	Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,027	0,001	0,06775	0,0020	79,72	8,64
Relave	1000	18,53	22,20	0,01853	0,02220	21,80	93,66

En la tabla 7 se tiene una recuperación de oro del orden de 79.72% y la plata de 8.64% mientras que en el relave se pierde el 21.80% de oro y 93.66% de plata.

Tabla 8

Recuperación Au, Ag NaCN 0.5 g/L 75%-200m

Tiempo hr	mg/L Au	mg/L Ag	g(Au)	g(Ag)	Recup. Au (NaCN)	Recup. Ag (NaCN)
1	0,38	0,01	0,0009	0,00003	1,11	0,12
6	2,26	0,07	0,0056	0,00017	6,64	0,72
12	4,52	0,14	0,0113	0,00034	13,29	1,44
24	9,03	0,27	0,0226	0,00068	26,57	2,88
48	18,07	0,55	0,0452	0,00137	53,15	5,76
72	27,10	0,82	0,0677	0,00205	79,72	8,64

En la tabla 8 la recuperación del oro de 79.72% en 72 horas y plata de 8.64%, mientras que en 48 horas se recupera 53.15% de oro y 5.76% de plata a una fuerza de 0.5 g/L de NaCN a un 75% pasante a la malla 200.

Tabla 9
Consumo de NaCN 0.5 g/L 75%-200m

Tiempo hr	Litro	Muestra(mL)	NaCN (g/L)	NaCN (g)	g(NaCN)	g/kg	kg/t(NaCN)
1	2,500	0	0,500	1,25	1,04	1,04	1,035
6	2,500	40	0,086	0,22	0,81	0,81	1,844
12	2,460	40	0,180	0,44	0,81	0,81	2,653
24	2,420	40	0,183	0,44	0,81	0,81	3,461
48	2,380	40	0,322	0,77	0,48	0,48	3,945
72	2,340	40	0,331	0,77	0,48	0,48	4,421

En la tabla 9 el consumo del cianuro de sodio en 72 horas es de 4.421 g/kg gramos de cianuro de sodio por tonelada de mineral o kg/t kilogramo de cianuro de sodio por tonelada metrcia de mineral, mientras que en 48 horas es de 3.945 g/kg de cianuro de sodio por kilogramo de mineral.

Tabla 10
Consumo de CaO NaCN 0.5 g/L 75%-200m

Tiempo hr	CaO (g)	pHi	pHf	CaO g/kg	CaO kg/t
0	0,40	7,00	11,12	0,40	0,400
1	0,08	10,21	11,20	0,08	0,480
6	0,08	10,32	11,30	0,08	0,560
12	0,05	10,32	11,40	0,05	0,610
24	0,04	10,76	11,30	0,04	0,645
48	0,03	10,80	11,20	0,03	0,675

En la tabla 10 el consumo de cal en 48 horas es de 0.675 g/kg gramos de CaO por kilogramo de mineral, mientras que en 24 horas se tiene 0.645 g/kg gramos de CaO por kilogramo de mineral.

2.5.2.2. Prueba 4 de cianuración.

Tabla 11

Balance metalúrgico de la cianuración NaCN 0.8 g/L 85%-200m

	g o cm ³	Leyes		Con. Metálico		Distribución	
		Au (g/t, g/L)	Ag (g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,029	0,001	0,07181	0,00264	84,50	11,15
Relave	1000	1,32	21,06	0,01317	0,02106	15,50	88,85

En la tabla 11 se tiene una recuperación de oro del orden de 84.50% y la plata de 11.15% mientras que en el relave se pierde el 15.50% de oro y 88.85% de plata.

Tabla 12

Recuperación Au, Ag NaCN 0.8 g/L 85%-200m

Tiempo hr	mg/L Au	mg/L Ag	g(Au)	g(Ag)	Recup. Au	Recup. Ag
1	0,40	0,01	0,0010	0,00004	1,17	0,15
6	2,39	0,09	0,0060	0,00022	7,04	0,93
12	4,79	0,18	0,0120	0,00044	14,08	1,86
24	9,57	0,35	0,0239	0,00088	28,17	3,72
48	19,15	0,70	0,0479	0,00176	56,33	7,43
72	28,72	1,06	0,0718	0,00264	84,50	11,15

En la tabla 12 la recuperación del oro de 84.50% en 72 horas y plata de 11.15%, mientras que en 48 horas se recupera 56.33% de oro y 7.43% de plata a una fuerza de 0.8 g/L de NaCN a un 85% pasante a la malla 200.

Tabla 13
Consumo de NaCN NaCN 0.8 g/L 85%-200m

Tiempo hr	Litro	Muestra (mL)	NaCN (g/L)	NaCN (g)	g (NaCN)	g/kg	kg/t (NaCN)
1	2,500	0	0,800	2,00	1,51	1,51	1,506
6	2,500	40	0,198	0,49	0,85	0,85	2,359
12	2,460	40	0,467	1,15	0,85	0,85	3,211
24	2,420	40	0,438	1,06	0,94	0,94	4,152
48	2,380	40	0,773	1,84	0,16	0,16	4,313
72	2,340	40	0,794	1,86	0,14	0,14	4,455

En la tabla 13 el consumo del cianuro de sodio en 72 horas es de 4.455 g/kg gramos de cianuro de sodio por tonelada de mineral o kg/t kilogramo de cianuro de sodio por tonelada metrcia de mineral, mientras que en 48 horas es de 4.313 g/kg de cianuro de sodio por kilogramo de mineral.

Tabla 14
Consumo de CaO con NaCN 0.8 g/L 85%-200m

Tiempo hr	CaO (g)	pHi	pHf	g/kg	kg/t(CaO)
0	0,400	7,00	11,13	0,40	0,400
1	0,091	10,31	11,21	0,09	0,491
6	0,082	10,32	11,41	0,08	0,573
12	0,060	10,12	11,33	0,06	0,633
24	0,045	10,76	11,12	0,05	0,678
48	0,027	10,87	11,24	0,03	0,705

En la tabla 14 el consumo de cal en 48 horas es de 0. 705 g/kg gramos de CaO por kilogramo de mineral, mientras que en 24 horas se tiene 0.678 g/kg gramos de CaO por kilogramo de mineral.

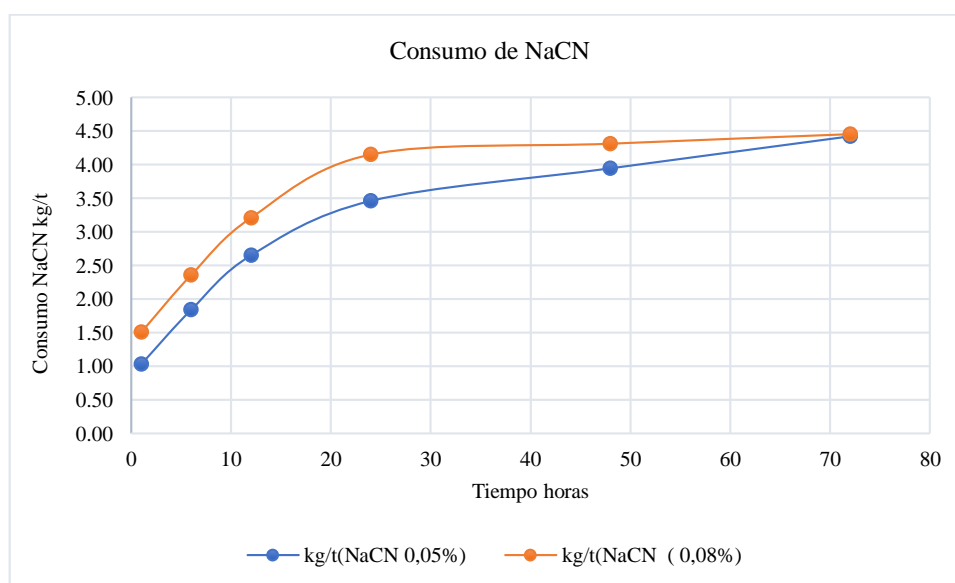
2.5.2.3. Resumen de las pruebas de cianuración.

Tabla 15
Consumo de NaCN y CaO

Tiempo hr	kg/t(NaCN 0,05%)	kg/t(NaCN (0,08%)	kg/t(CaO 0,05%)	kg/t(CaO 0,08%)
1	1,04	1,51	0,40	0,40
6	1,84	2,36	0,48	0,49
12	2,65	3,21	0,56	0,57
24	3,46	4,15	0,61	0,63
48	3,95	4,31	0,65	0,68
72	4,42	4,45	0,68	0,71

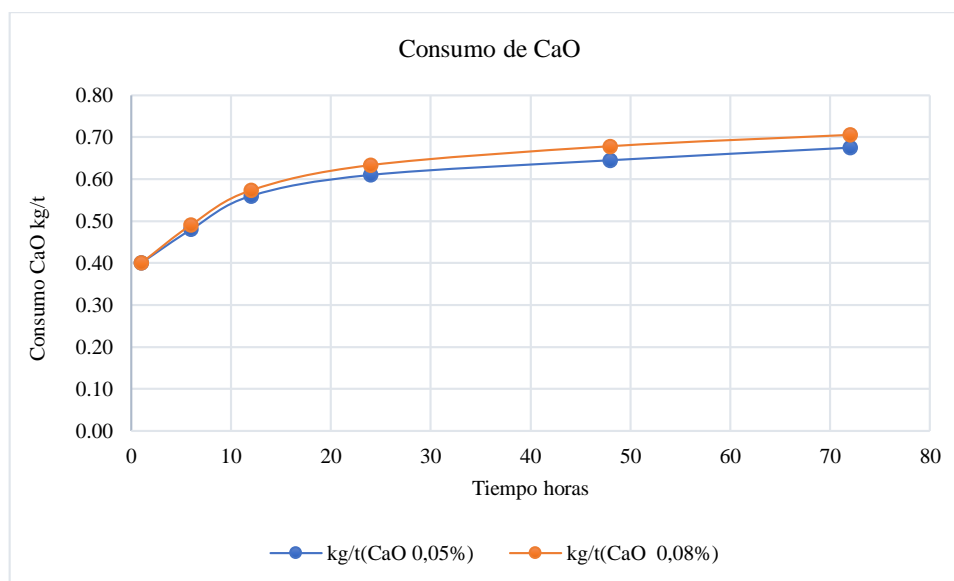
En la tabla 15 el consumo de NaCN con una fuerza de 0.5 g/L es de 4.42 g/kg para una fuerza de 0.8 g/L es de 4.45 g/kg, mientras que para la cal CaO es de 0.68 g/kg y 0.71 g/kg respectivamente.

Figura 6
Curva de consumo de NaCN



En la figura 6 la curva de consumo de NaCN con una fuerza de 0.5 g/L es menor que con una fuerza de 0.8 g/L es mayor en el tiempo y ligeramente en 72 horas.

Figura 7
Curva de consumo de CaO



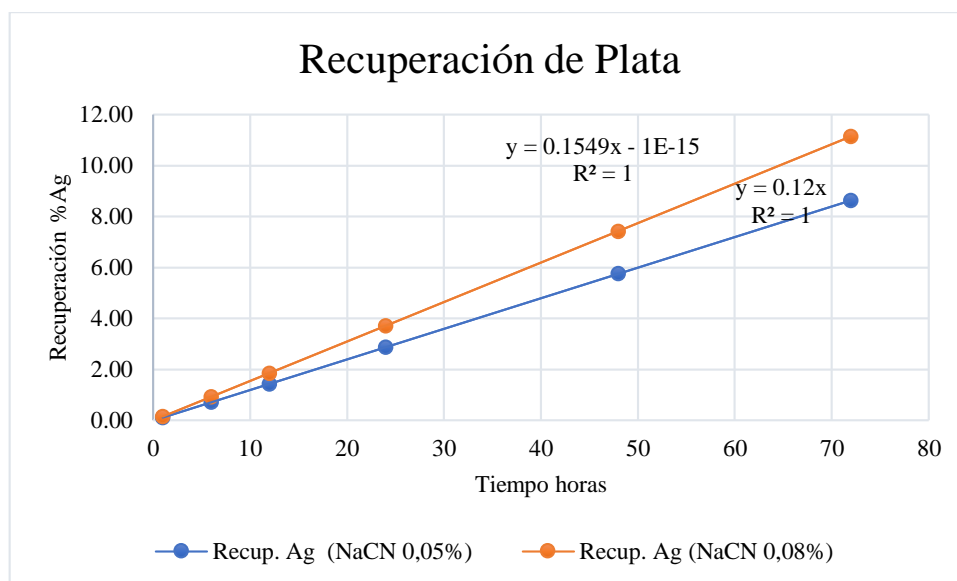
En la figura 7 la curva de consumo de CaO es menor con una fuerza de 0.5 g/L de NaCN que con una fuerza de 0.8 g/L en el tiempo.

Tabla 16
Recuperación de oro y plata.

Tiempo hr	Recup. Au (NaCN 0,05%)	Recup. Ag (NaCN 0,05%)	Recup. Au (NaCN 0,08%)	Recup. Ag (NaCN 0,08%)
1	1,11	0,12	1,17	0,15
6	6,64	0,72	7,04	0,93
12	13,29	1,44	14,08	1,86
24	26,57	2,88	28,17	3,72
48	53,15	5,76	56,33	7,43
72	79,72	8,64	84,50	11,15

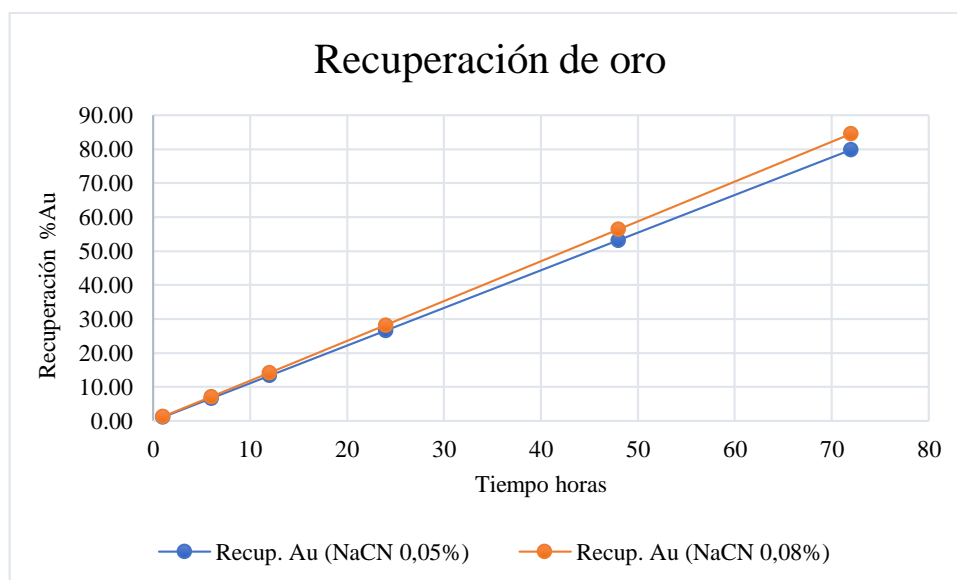
En la tabla 16 la recuperación del oro con una fuerza de 0.5 g/L de NaCN en un tiempo de 72 es de 79.72%, para la plata es de 8.64%, mientras que en con una fuerza de 0.8 g/L NACN en 72 horas es de 84.5% para el oro y de 11.15% para la plata.

Figura 8
Curva de Recuperación de plata



En la figura 8 la curva de recuperación de la plata a una fuerza de NaCN de 0.5 g/L tiende a una recuperación menor en el tiempo que con una fuerza de 0.8 g/L.

Figura 9
Curva de recuperación del oro



En la figura 9 la curva de recuperación del oro a una fuerza de NaCN de 0.5 g/L tiende a una recuperación menor en el tiempo que con una fuerza de 0.8 g/L.

Tabla 17
Recuperación del oro y plata en las 6 pruebas

N°	X ₁	X ₂	Z ₁ (%-200m)	Z ₂ (NaCN g/L)	Recup(Au)	Recup(Ag)
1	+	+	85,00	0,80	84,50	11,15
2	+	-	85,00	0,50	82,14	9,16
3	-	+	75,00	0,80	78,19	6,33
4	-	-	75,00	0,50	79,72	8,64
5	0	0	80,00	0,65	80,54	8,54
6	0	0	80,00	0,65	80,75	8,45

En la tabla 7 en la primera prueba con una 85% -200m a 0.80 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 84.5% de oro y 11.15% de plata, segunda prueba con una 85% -200m a 0.50 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 82.14% de oro y 9.16% de plata, tercera prueba con una 75% -200m a 0.80 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 78.19% de oro y 6.33% de plata, cuarta prueba con una 75% -200m a 0.50 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 79.72% de oro y 8.64% de plata. En las pruebas centrales con una 80% -200m a 0.65 g/L de NaCN se tiene en la prueba 5 la recuperación de 80.54% de oro y 8.54% de plata y en la prueba 6 se tiene 80.75% de oro y 8.45% de plata.

4.2. Contrastación de hipótesis.

2.5.3. Contrastación de hipótesis general.

Ha: La cianuración dinámica a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la extracción de oro y plata.

Ho: La cianuración dinámica a los minerales con presencia de cobre **no** influirá significativamente en la extracción de oro y plata.

Tabla 18

Análisis de varianza recuperación Au vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	23,3048	5,8262	264,23	0,046
Lineal	2	19,2062	9,6031	435,52	0,034
%-200m	1	19,0320	19,0320	863,13	0,022
NaCN(g/L)	1	0,1743	0,1743	7,90	0,218
Interacciones de 2 términos	1	3,7736	3,7736	171,14	0,049
%-200m*NaCN(g/L)	1	3,7736	3,7736	171,14	0,049
Curvatura	1	0,3250	0,3250	14,74	0,162
Error	1	0,0220	0,0220		
Total	5	23,3268			

En la tabla 18 el valor p calculado para %-200m 0.022, NaCN (g/L) 0.218, y la interacción %-200m y NaCN(g/L) 0.049 en recuperación de oro en la cianuración de minerales, por otro parte en la figura 10 el diagrama de Pareto la liberación del mineral %-200m(A) y la interacción %-200m y NaCN(g/L) (AB) supera al valor de 12.71 tiene efecto en la recuperación del oro, y la fuerza del cianuro de sodio NaCN(g/L) B es menor a 12.71 por lo que no tiene efecto en la recuperación del oro.

Figura 10

Diagrama de Pareto recuperación Au vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral

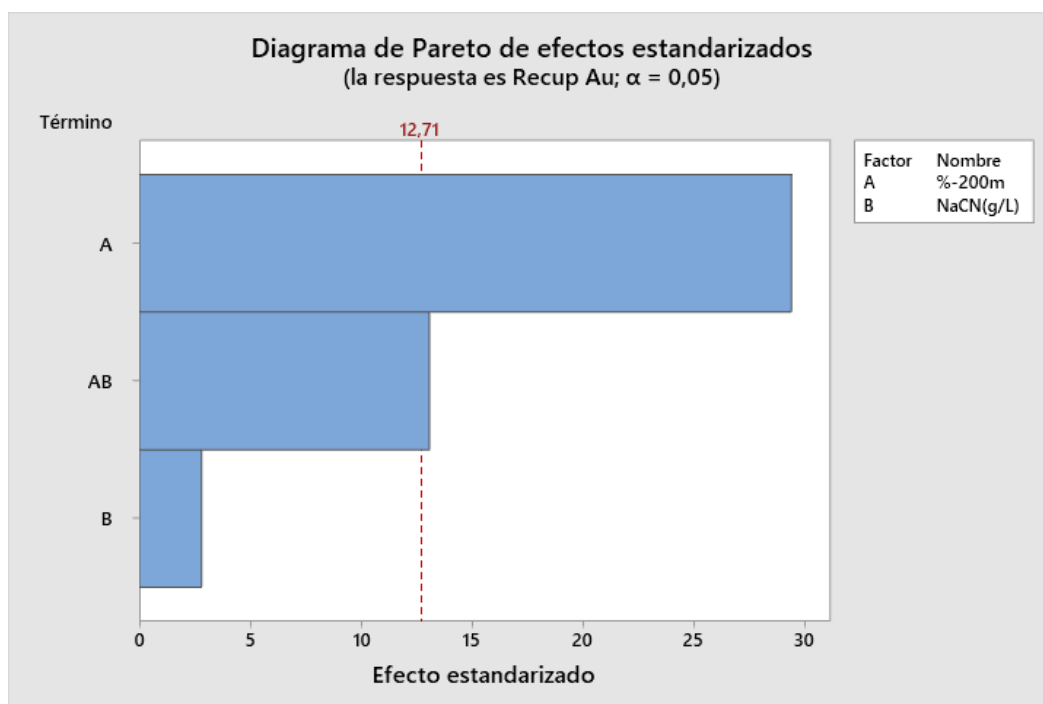


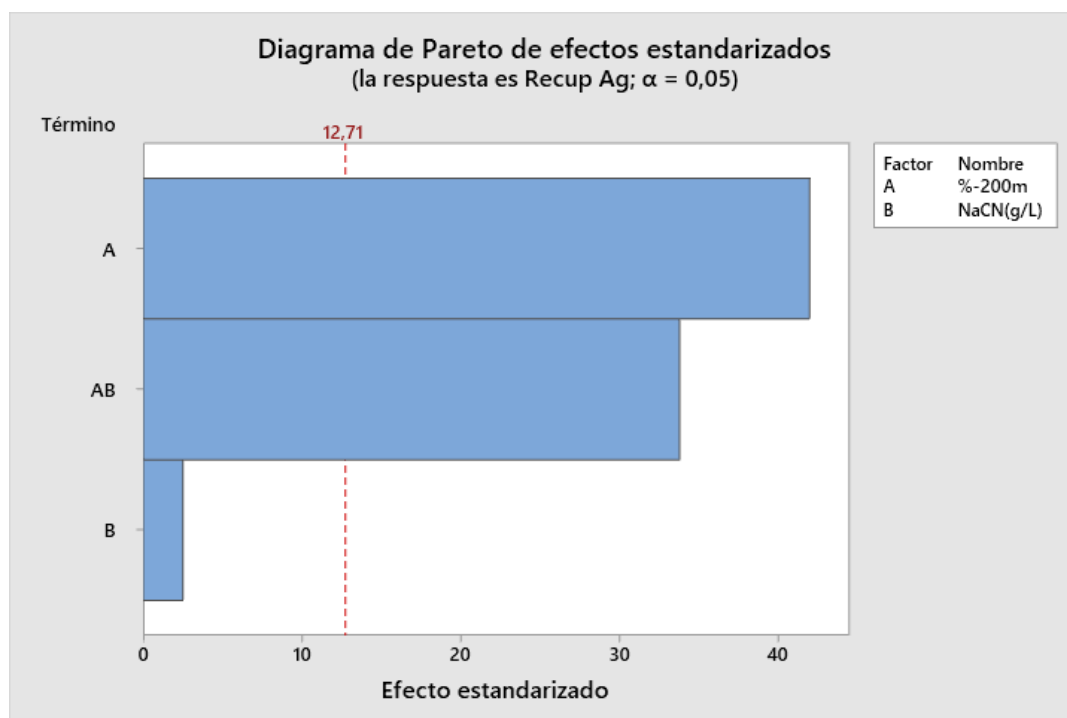
Tabla 19

Análisis de varianza recuperación Ag vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	11,9221	2,98051	735,93	0,028
Lineal	2	7,1570	3,57850	883,58	0,024
%-200m	1	7,1313	7,13127	1760,81	0,015
NaCN(g/L)	1	0,0257	0,02574	6,36	0,240
Interacciones de 2 términos	1	4,6244	4,62441	1141,83	0,019
%-200m*NaCN(g/L)	1	4,6244	4,62441	1141,83	0,019
Curvatura	1	0,1406	0,14064	34,73	0,107
Error	1	0,0040	0,00405		
Total	5	11,9261			

Figura 11

Diagrama de Pareto recuperación Ag vs %-200m, NaCN g/L, PtCentral



En la tabla 19 el valor p calculado para %-200m 0.015, NaCN (g/L) 0.240, y la interacción %-200m y NaCN(g/L) 0.019 en recuperación de la plata en la cianuración de minerales, por otro parte en la figura 11 el diagrama de Pareto la liberación del mineral %-200m(A) y la interacción %-200m y NaCN(g/L) (AB) supera al valor de 12.71 tiene efecto en la recuperación del oro, y la fuerza del cianuro de sodio NaCN(g/L) B es menor a 12.71 por lo que no tiene efecto en la recuperación del oro.

El porcentaje de liberación pasante a la malla %-200m y la interacción de liberación y la fuerza de cianuro %-200m y NaCN(g/L) tiene efecto en la recuperación de oro y plata, mientras que la fuerza de cianuro NaCN(g/L) no influye en la recuperación oro y plata. Por lo que predetermina la hipótesis alternativa para la %-200m y la interacción %-200m y NaCN(g/L), por otra parte, la hipótesis nula predetermina para la fuerza del cianuro NaCN(g/L).

2.5.4. Contrastación de hipótesis específicos.

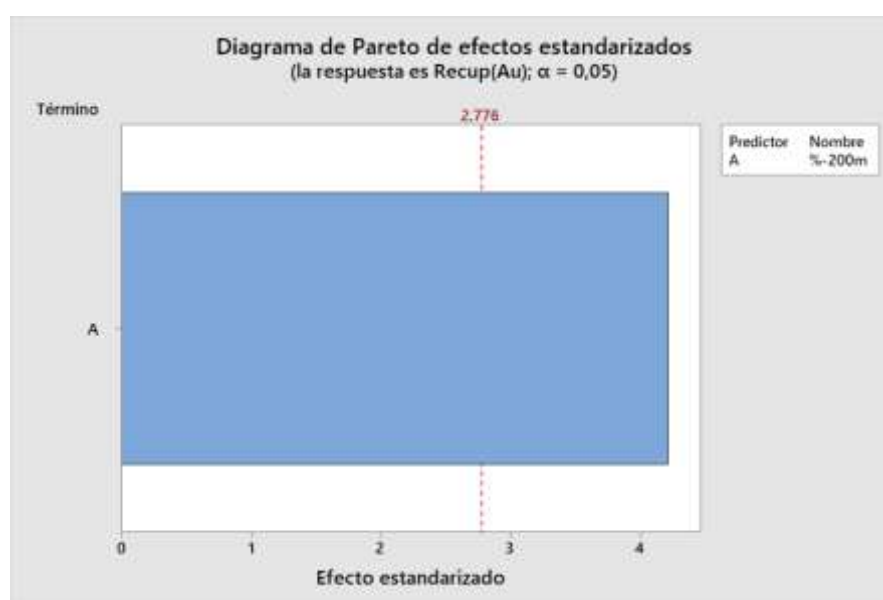
Ha: La liberación de los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

Ho: La liberación de los minerales con presencia de cobre **no** influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

Tabla 20
Análisis de varianza recuperación Au vs %-200m

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	19,0320	19,0320	17,73	0,014
%-200m	1	19,0320	19,0320	17,73	0,014
Error	4	4,2949	1,0737		
Falta de ajuste	1	0,3250	0,3250	0,25	0,654
Error puro	3	3,9699	1,3233		
Total	5	23,3268			

Figura 12
Diagrama de Pareto recuperación Au vs %-200m



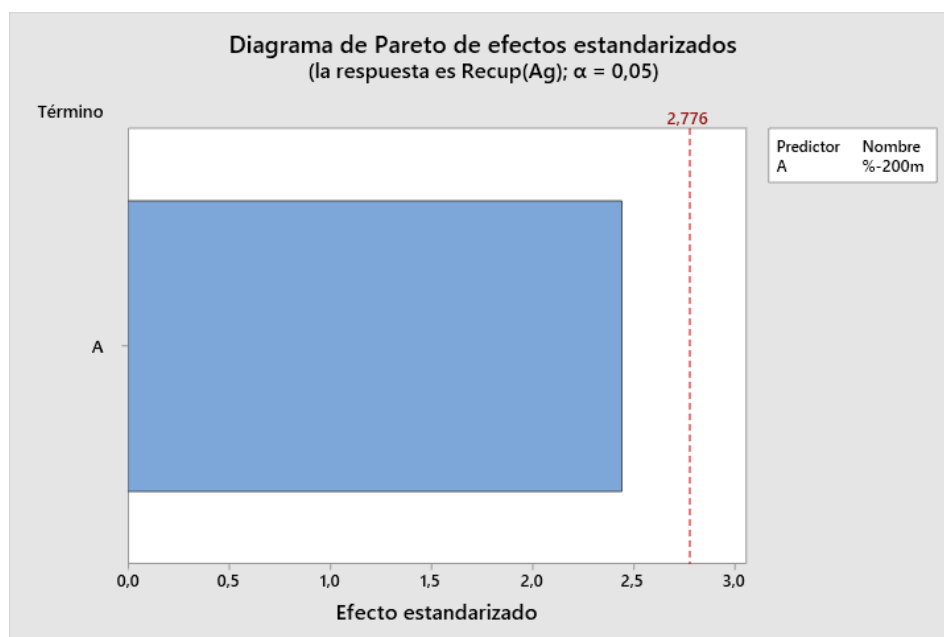
En la tabla 20 el valor p calculado para la %-200m es de 0.014 menor a 0.05 en la recuperación del oro por cianuración de minerales, por otro parte en la figura 12 el diagrama de Pareto el %-

200m(A) es superior al valor de 2.776, basado en ellos el tiempo tiene efecto en la recuperación del oro.

Tabla 21
Análisis de varianza recuperación Ag vs %-200m

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	7,1313	7,1313	5,95	0,071
%-200m	1	7,1313	7,1313	5,95	0,071
Error	4	4,7948	1,1987		
Falta de ajuste	1	0,1406	0,1406	0,09	0,783
Error puro	3	4,6542	1,5514		
Total	5	11,9261			

Figura 13
Diagrama de Pareto recuperación Ag vs %-200m



En la tabla 21 el valor p calculado para la %-200m es de 0.071 mayor a 0.05 en la recuperación de la plata por cianuración de minerales, por otro parte en la figura 13 el diagrama de Pareto el

%-200m(A) es inferior al valor de 2.776, por lo que él %-200m no tiene efecto en la recuperación de la plata.

La liberación del mineral pasante a la malla 200 %-200m tiene efecto en la recuperación del oro por lo que predetermina la hipótesis alternativa, mientras que el %-200m no tiene efecto en la recuperación de la plata por lo determina la hipótesis nula.

Ha: La fuerza de cianuro en la lixiviación a los minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

Ho: La fuerza de cianuro en la lixiviación a los minerales con presencia de cobre **no** influirá significativamente en la recuperación de oro y plata.

Tabla 22
Análisis de varianza recuperación Au vs NaCN g/L

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0,1743	0,1743	0,03	0,871
NaCN g/L	1	0,1743	0,1743	0,03	0,871
Error	4	23,1526	5,7881		
Falta de ajuste	1	0,3250	0,3250	0,04	0,849
Error puro	3	22,8276	7,6092		
Total	5	23,3268			

En la tabla 22 la fuerza del cianuro de sodio NaCN g/L tiene un valor p calculado de 0.871 mayor a 0.05 en la recuperación del oro por cianuración de minerales, por otro parte en la figura 14 el diagrama de Pareto el NaCN g/L (A) es superior al valor de 2.776, por lo que la fuerza del NaCN g/L no tiene efecto en la recuperación del oro.

Figura 14
Diagrama de Pareto recuperación Au vs NaCN g/L

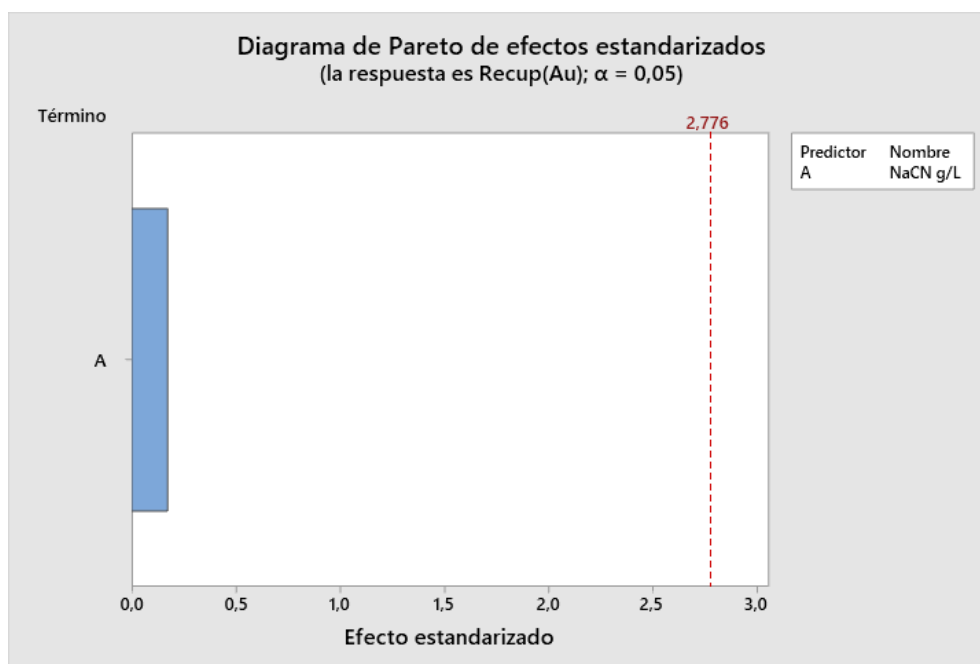
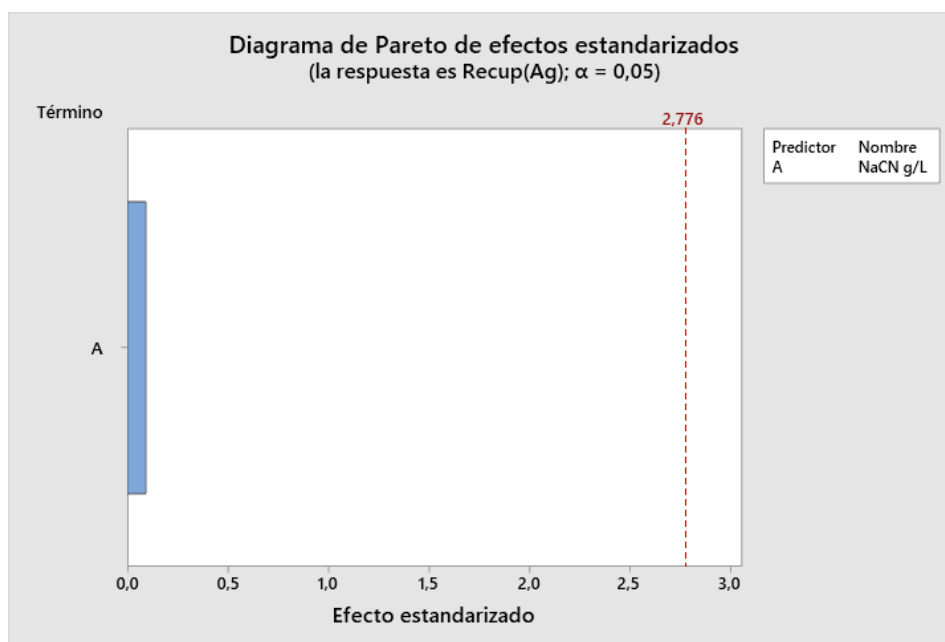


Tabla 23
Análisis de varianza recuperación Ag vs NaCN g/L

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0,0257	0,02574	0,01	0,930
NaCN g/L	1	0,0257	0,02574	0,01	0,930
Error	4	11,9004	2,97509		
Falta de ajuste	1	0,1406	0,14064	0,04	0,862
Error puro	3	11,7597	3,91991		
Total	5	11,9261			

En la tabla 23 la fuerza del cianuro de sodio NaCN g/L tiene un valor p calculado de 0.930 mayor a 0.05 en la recuperación de la plata por cianuración de minerales, por otro parte en la figura 15 el diagrama de Pareto el NaCN g/L (A) es superior al valor de 2.776, por lo que la fuerza del NaCN g/L no tiene efecto en la recuperación del oro.

Figura 15
Diagrama de Pareto recuperación Ag vs NaCN g/L



La fuerza del cianuro de sodio NaCN(g/L) en la lixiviación de minerales para la recuperación del oro y la plata no tiene efecto por lo que predetermina la hipótesis nula.

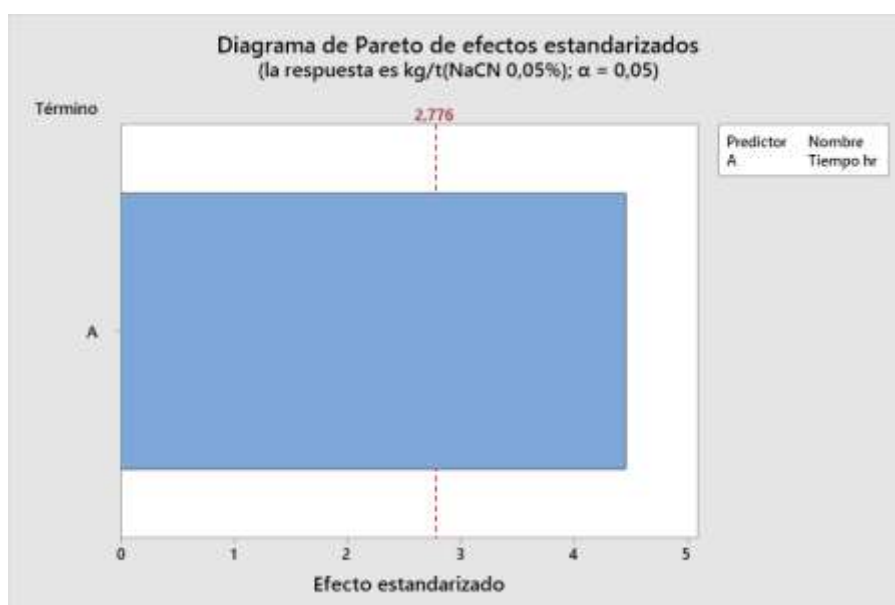
Ha: El tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y oxido de calcio.

Ha: El tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre **no** influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y oxido de calcio.

Tabla 24
Análisis de Varianza kg/t(NaCN 0,05%) vs Tiempo hr

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	6,968	6,9676	19,83	0,011
Tiempo hr	1	6,968	6,9676	19,83	0,011
Error	4	1,406	0,3515		
Total	5	8,373			

Figura 16
Diagrama de Pareto consumo de NaCN vs tiempo

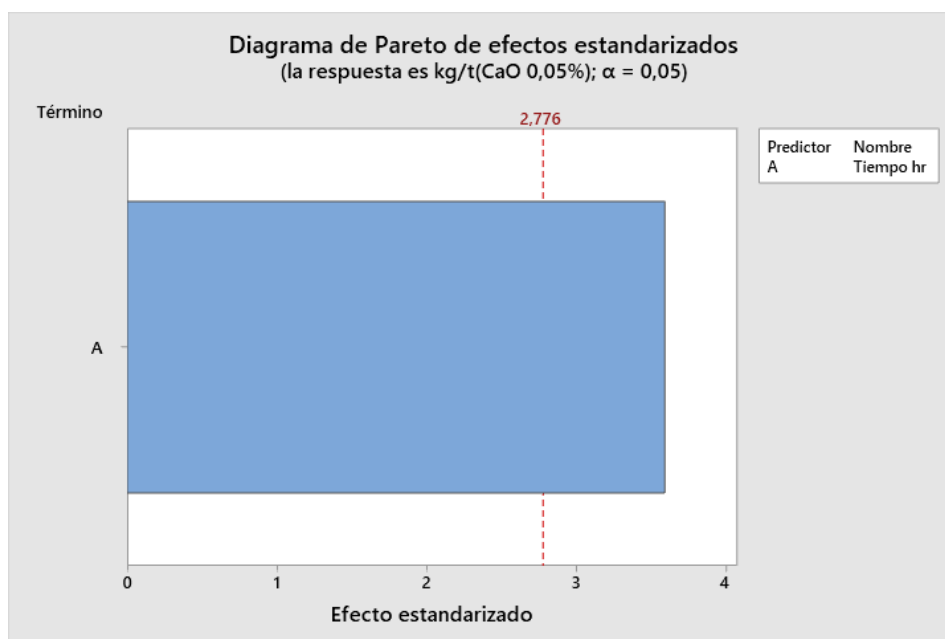


En la tabla 18 el tiempo tiene un valor p calculado de 0.011 menor a 0.05 en el consumo de NaCN en la cianuración de minerales, por otro parte en la figura 10 el diagrama de Pareto el tiempo en horas(A) supera al valor de 2.776, basado en ellos el tiempo tiene efecto en el consumo de cianuro de sodio.

Tabla 25
Análisis de Varianza kg/t(CaO, 0.05%) vs Tiempo hr

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0,04191	0,041914	12,88	0,023
Tiempo hr	1	0,04191	0,041914	12,88	0,023
Error	4	0,01302	0,003255		
Total	5	0,05493			

Figura 17
Diagrama de Pareto consumo de CaO vs tiempo.



En la tabla 19 el tiempo tiene un valor p calculado de 0.023 menor a 0.05 en el consumo de CaO en la cianuración de minerales, por otro parte en la figura 11 el diagrama de Pareto el tiempo en horas(A) supera al valor de 2.776, basado en ellos el tiempo tiene efecto en el consumo de la cal (CaO).

La hipótesis alternativa predeterminada es decir que el tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y óxido de calcio.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados.

En el estudio sobre “Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y plata” se emplearon mineral con una ley de cabeza de 84.98 g/t de Au, 23.7 g/t de Ag, 0.272% Cu y 5.471% Fe; se emplea una dilución de 2.5, una fuerza de cianuro de sodio de 0.05% que es de 0.5001 g/L y 0.08% de 0.8002 g/L de NaCN con un intermedio de 0.065% 0.650 g/L a una granulometría pasante a la malla -200m de 75% y 85% con un intermedio de 80%. Se obtuvo los siguientes resultados, primera prueba con una 85% -200m a 0.80 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 84.5% de oro y 11.15% de plata, segunda prueba con una 85% -200m a 0.50 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 82.14% de oro y 9.16% de plata, tercera prueba con una 75% -200m a 0.80 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 78.19% de oro y 6.33% de plata, cuarta prueba con una 75% -200m a 0.50 g/L de NaCN se tiene una recuperación del 79.72% de oro y 8.64% de plata. En las pruebas centrales con una 80% -200m a 0.65 g/L de NaCN se tiene en la prueba 5 la recuperación de 80.54% de oro y 8.54% de plata y en la prueba 6 se tiene 80.75% de oro y 8.45% de plata, consumo de NaCN 4.42 g/kg a 4.45 g/kg, consumo de CaO 0.86 a 0.71 g/Kg.

La liberación del mineral pasante a la malla %-200m, y la interacción de %-200m y NaCN(g/L) tiene efecto en la recuperación del oro y la plata ya que el valor p calculado es menor a 0.05 es decir %-200m 0.022, (%-200m)(NaCN g/L) 0.049 para el oro, %-200m 0.015, (%-200m)(NaCN g/L) 0.019 para el plata y con un efecto estandarizado del diagrama de Pareto mayor a 12.70 para ambos casos, mientras que la fuerza del NaCN no tiene efecto en la recuperación del oro y la plata ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05, decir NaCN /g/L) 0.218 para el oro, NaCN (g/L) 0.240 para el plata y con un efecto estandarizado del diagrama de Pareto menor a 12.70 para los dos casos.

Para Hernández, y otros (2019) en su trabajo de cianuración de plata y la oxidación por metabisulfito a pirargirita donde Sb_2O_3 y Sb-O forma una capa en la superficie del mineral y no permite ingresar el cianuro para la extracción de la plata. El incremento de la inyección del aire en la cianuración permite incrementar la recuperación del oro (Aguilar, 2021).

Con una fuerza de NaCN de 9 g/t, a pH 10.3 a 10.5, pasante el 71% a la malla 200 se tiene una recuperación de 98.50% de oro y 61.40% de plata (Morales D. , 2018). En una cianuración intensiva de concentrado se tiene una recuperación de 93.14% de oro y 88.63% de plata con una fuerza de NaCN de 0.20%, a un pH de 12 en 72 horas con una inyección de aire (Chuquiyauri, 2018).

En función a los resultados obtenidos y los resultados publicados de las diferentes investigaciones la cianuración de los minerales esta en función a diferentes condiciones de acuerdo sus caracterizaciones del mineral como la fuerza de cianuro de sodio, tiempo pH del medio y la presencia del oxígeno para una recuperación óptima de oro y plata.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

En nuestro trabajo realizado sobre “Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y plata” en función a los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes:

El porcentaje de liberación pasante a la malla %-200m y la interacción de liberación y la fuerza de cianuro %-200m y NaCN(g/L) tiene efecto en la recuperación de oro y plata, mientras que la fuerza de cianuro NaCN(g/L) no influye en la recuperación oro y plata. El valor de p calculado de %-200m es 0.022, %-200m y NaCN(g/L) es 0.049 menor a 0.05 y el p calculado de NaCN(g/L) 0.218 mayor a 0.05. y la barra A AB del efecto estandarizados en el diagrama de Pareto es mayor a 12.71 para el oro y plata y menor a 12.71 para la barra B para el oro y plata.

La liberación del mineral pasante a la malla 200 %-200m tiene efecto en la recuperación del oro, mientras que el %-200m no tiene efecto en la recuperación de la plata. El p calculado de %-200m es 0.014 menor a 0.05 para el oro y de 0.071 mayor a 0.05 para la plata y la barra A del efecto estandarizados en el diagrama de Pareto es mayor a 2.776 para el oro y menor a 2.776 para la plata.

La fuerza del cianuro de sodio NaCN(g/L) en la lixiviación de minerales para la recuperación del oro y la plata no tiene efecto. El p calculado de NaCN es 0.871 para el oro y de 0.930 es mayor a 0.05 para la plata y la barra A del efecto estandarizados en el diagrama de Pareto es menor a 2.776 para los dos casos.

El tiempo empleado en la cianuración de minerales con presencia de cobre influirá significativamente en la cuantificación del consumo de cianuro de sodio y oxido de calcio. El p calculado para consumo de NaCN es 0.011 y de CaO es 0.023 es menor a 0.05 y la barra A del efecto estandarizados en el diagrama de Pareto es mayor a 2.776 para los dos casos.

6.2. Recomendaciones.

En el trabajo realizado sobre “Cianuración dinámica de minerales con presencia de cobre para extracción de oro y plata” en virtud a los resultados obtenidos se tiene las siguientes recomendaciones:

En la cianuración se debe tener en consideración el estudio microscópico del mineral para la identificación de la plata como se encuentra asociado o encapsulado.

El control de aire para la oxidación de los minerales sulfuros que podrían estar asociados al mineral de oro y plata y la aceleración de la cianuración para mejorar la recuperación de oro y plata.

Aumentar la liberación del mineral por encima del orden del 90% pasante a la malla 200 para incrementar la recuperación de oro y plata.

El empleo de oxidante que permita aumentar la extracción de oro y plata como químicos o biológicos.

CAPÍTULO V

FUENTES DE INFORMACION

5.1. Fuente bibliografía

- Aguilar, G. (2021). Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina “Cristhian David”, Pasaje-El Oro. *Ingeniero de minas*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10715>
- Aquino, P. (2019). Influencia de microburbujas de oxígeno en el proceso de cianuración en columnas para mejorar la recuperación de oro y plata en minera la zanja – Compañía de Minas Buenaventura. *Ingeniero metalurgico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/323341625.pdf
- Carrasco, S. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Castro, A. (1998). Recuperación de metales preciosos, oro y plata, de los relaves de flotación por el método de segregación. *Ingeniero Químico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7858>
- Chuquiyaui, M. (2018). Cianuración intensiva de concentrados y la recuperación de oro y plata en minera Poracota s.a - Arequipa - 2018. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/443>
- Dominick. (2001). *Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicación*. Chile: Andros impresoresLtda.

- Flores, C. (2019). Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto OROPESA, La Rinconada - Puno. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13931/Flores_Mamani_Carlos_Victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallego, A., Zapata, D., & Márquez, M. (2005). Mineralogía aplicada a la definición del tipo de refractariedad en la mina de oro el Zancudo, Titiribí, Antioquia. *Boletín de Geología*, 87-97. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/230215225.pdf
- Gonzales, B., & Bravo, M. (2021). Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro. *Ingeniero metalurgico*. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/5587>
- Hernández, I., González, V., Reyes, M., Pérez, M., Teja, A., Juárez, J., . . . Reyes, G. (2019). Oxidación de pirargirita con metabisulfito y cianuración de plata. *Tópicos de Investigación en Ciencias de la Tierra y Materiales* , 108-115. doi:[tps://doi.org/10.29057/aactm.v6i6.5019](https://doi.org/10.29057/aactm.v6i6.5019)
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Batista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. CD Mexico: MGrow Hill Educacion.
- Karimi, P., Abdollahi, H., Amini, A., Noaparast, M., Shafaei, S., & Habashi, F. (2010). Cyanidation of gold ores containing copper, silver, lead, arsenic and antimony. *Elsevier*, 68-77. Obtenido de DOI: 10.1016/j.minpro.2010.03.002

- Kumar, C. (2003). *Chemical Metallurgy Principles and Practice*. Mumbai: Wiley-VCH.
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima: San Marcos.
- Morales, D. (2018). Evaluación del proceso de cianuración por agitación de minerales de oro y plata de la zona minera de malco en el distrito de Puyo – Ayacucho. *Ingeniero metalurgista*. Universidad nacional José Basadre Grohmann, Tacna. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3178>
- Morales, E. (2016). Extracción de plata y oro del relave sulfurado de la Minera Santa Fe por lixiviación con adición de peróxido de hidrógeno y acetato de plomo. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5518/Morales_le.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moran, R. (1998). *Cyanide Uncertainties*. Obtenido de <http://earthworksaction.org/pubs/cyanideuncertainties.pdf>
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: FIDUPEL.
- Peralta, E. (2021). optimización de la recuperación de oro aplicando el método de agitación mediante una oxidación preliminar a nivel laboratorio en la empresa cori puno S.A.C. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16985/Peralta_Vega_Edinson_Eder.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Perez, J., & Higuera, O. (2008). Análisis termodinámico de especies cianuradas de oro, plata y cobre sometidas a cementación con zinc y aluminio. *Scientia et Technica*, 155-160. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/849/84903827.pdf

Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos.

Stanley, G. (2001). *The extractive metallurgy of gold in South Africa*. Johannesburg: The South African Institute of Mining and Metallurgy.

Yanoopoulos, J. (1991). *The mechanism of cyanidation*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Zhang, Y., Yang, K., Fang, Y., Robledo, A., Peng, C., & Lopez, A. (2021). Efecto de la temperatura de tostación en la recuperación de oro y plata refractarios en concentrados de pirita. *Journal of Mining and Metallurgy*, 235-243. doi:<https://doi.org/10.2298/JMMB200911019Z>

ANEXOS

Anexo 1 localización

Localización Geográfica de la Corporación Planeta Azul S.A.C



Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos Análisis malla valorada

Malla	Abertura(μ)	% peso	Ag oz/tc	Au oz/tc	Cu %	Fe %
+65						
+100						
+200						
+400						
-400						

Anexo 3 Instrumentos para la toma de datos Ley de cabeza

Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (g/t)	Fe (g/t)

Anexo 4 Instrumentos para la toma de datos Pruebas de cianuración consumo de cal cianuro de sodio

Tiempo(h)	NaCN(g/t)	CaO g/t)		
0				
2				
4				
8				
16				
24				
36				
48				
56				
64				
72				

Anexo 5 Instrumentos para la toma de datos Ley de cabeza, solución y relave

	Kg - t	Au (g/t)	Ag (g/t)	
Cabeza				
Solución				
Relave				

Anexo 6 Análisis de malla valorada

Fracc. Granul.	% peso	kg	Leyes				Contenido Metalico				Distribución			
			Ag oz/tc	Au oz/tc	Cu %	Fe %	oz(Ag)	oz(Au)	Cu	Fe	Ag	Au	Cu	Fe
65	71,1	0,71	6,06	5,11	1,1	11,8	0,00475	0,00400	0,00796	0,08368	63,64	71,44	64,68	75,11
100	6,9	0,07	6,91	4,75	1,4	10,6	0,00053	0,00036	0,00093	0,00729	7,04	6,44	7,57	6,54
200	9,5	0,1	8,68	5,72	1,6	10,3	0,00091	0,00060	0,00151	0,00976	12,18	10,69	12,27	8,76
400	5,2	0,05	9,71	6,43	1,7	9,26	0,00056	0,00037	0,00090	0,00482	7,46	6,57	7,31	4,32
-400	7,3	0,07	8,98	3,38	1,4	8,05	0,00072	0,00027	0,00101	0,00588	9,68	4,86	8,18	5,27
Total	1,000		6,77	5,09	1,23	11,14	0,00746	0,00560	0,01231	0,11142	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo 7 Balance metalúrgica

	g o cm ³	Leyes		Con. Metalico		Distribución	
		Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,027	0,001	0,06775	0,0020	79,72	8,64
Relave	1000	18,53	22,20	0,01723	0,02165	20,28	91,36

	g o cm ³	Leyes		Con. Metalico		Distribución	
		Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,027	0,001	0,06645	0,00150	78,19	6,33
Relave	1000	18,53	22,20	0,01853	0,0222	21,81	93,67

	g o cm ³	Leyes		Con. Metalico		Distribución	
		Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,027	0,001	0,06775	0,00205	79,72	8,64
Relave	1000	1,72	21,65	0,01723	0,02165	20,28	91,36

	g o cm ³	Leyes		Con. Metalico		Distribución	
		Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,029	0,001	0,07181	0,00264	84,50	11,15
Relave	1000	1,32	21,06	0,01317	0,02106	15,50	88,85

	g o cm ³	Leyes		Con. Metalico		Distribución	
		Au(g/t, g/L)	Ag(g/t, g/L)	Au	Ag	Au	Ag
Cabeza	1000	84,98	23,70	0,08498	0,0237	100	100
Solución mL	2500	0,028	0,001	0,06980	0,00217	82,14	9,16
Relave	1000	1,52	21,53	0,01518	0,02153	17,86	90,84

Anexo 8 diseño de las pruebas de la cianuración

	Minimo	Máximo	Promedio
%-200m	75	85	80
F NaCN(g/L)	0,5	0,8	0,65

N°	X1	X2	Z1(%-200m)	Z2(NaCN g/L)	Recup(Au)	Recup(Ag)
1	+	+	85,00	0,80	84,50	11,15
2	+	-	85,00	0,50	82,14	9,16
3	-	+	75,00	0,80	78,19	6,33
4	-	-	75,00	0,50	79,72	8,64
5	0	0	80,00	0,65	80,54	8,54
6	0	0	80,00	0,65	80,75	8,45

Anexo 9 pruebas de cinética de cianuración con 0.05% NaCN

Tiempo hr	mg/L Au	mg/L Ag	g(Au)	g(Ag)	Recup. Au (NaCN)	Recup. Ag (NaCN 0,05%)
1	0,38	0,01	0,0009	0,00003	1,11	0,12
6	2,26	0,07	0,0056	0,00017	6,64	0,72
12	4,52	0,14	0,0113	0,00034	13,29	1,44
24	9,03	0,27	0,0226	0,00068	26,57	2,88
48	18,07	0,55	0,0452	0,00137	53,15	5,76
72	27,10	0,82	0,0677	0,00205	79,72	8,64

Anexo 10 Consumo de NaCN con 0.05% NaCN

NaCN	0,5001 g/L						
Tiempo hr	Litro	Muestra(mL)	NaCN (g/L)	NaCN (g)	g(NaCN)	g/kg	kg/t(NaCN 0,05%)
1	2,500	0	0,500	1,25	1,04	1,04	1,035
6	2,500	40	0,086	0,22	0,81	0,81	1,844
12	2,460	40	0,180	0,44	0,81	0,81	2,653
24	2,420	40	0,183	0,44	0,81	0,81	3,461
48	2,380	40	0,322	0,77	0,48	0,48	3,945
72	2,340	40	0,331	0,77	0,48	0,48	4,421

Anexo 11 Consumo de CaO con 0.05% NaCN

CaO					
Tiempo hr	CaO (g)	pHi	pHf	g/kg	kg/t(CaO 0,05%)
0	0,40	7,00	11,12	0,40	0,400
1	0,08	10,21	11,20	0,08	0,480
6	0,08	10,32	11,30	0,08	0,560
12	0,05	10,32	11,40	0,05	0,610
24	0,04	10,76	11,30	0,04	0,645
48	0,03	10,80	11,20	0,03	0,675

Anexo 12 pruebas de cinética de cianuración con 0.08% NaCN

Tiempo hr	mg/L Au	mg/L Ag	g(Au)	g(Ag)	Recup. Au (NaCN 0,08%)	Recup. Ag (NaCN 0,08%)
1	0,40	0,01	0,0010	0,00004	1,17	0,15
6	2,39	0,09	0,0060	0,00022	7,04	0,93
12	4,79	0,18	0,0120	0,00044	14,08	1,86
24	9,57	0,35	0,0239	0,00088	28,17	3,72
48	19,15	0,70	0,0479	0,00176	56,33	7,43
72	28,72	1,06	0,0718	0,00264	84,50	11,15

Anexo 13 Consumo de NaCN con 0.08% NaCN

NaCN	0,8002 g/L						
Tiempo hr	Litro	Muestra(mL)	NaCN (g/L)	NaCN (g)	g(NaCN)	g/kg	kg/t(NaCN (0,08%))
1	2,500	0	0,800	2,00	1,51	1,51	1,506
6	2,500	40	0,198	0,49	0,85	0,85	2,359
12	2,460	40	0,467	1,15	0,85	0,85	3,211
24	2,420	40	0,438	1,06	0,94	0,94	4,152
48	2,380	40	0,773	1,84	0,16	0,16	4,313
72	2,340	40	0,794	1,86	0,14	0,14	4,455

Anexo 14 Consumo de CaO con 0.08% NaCN

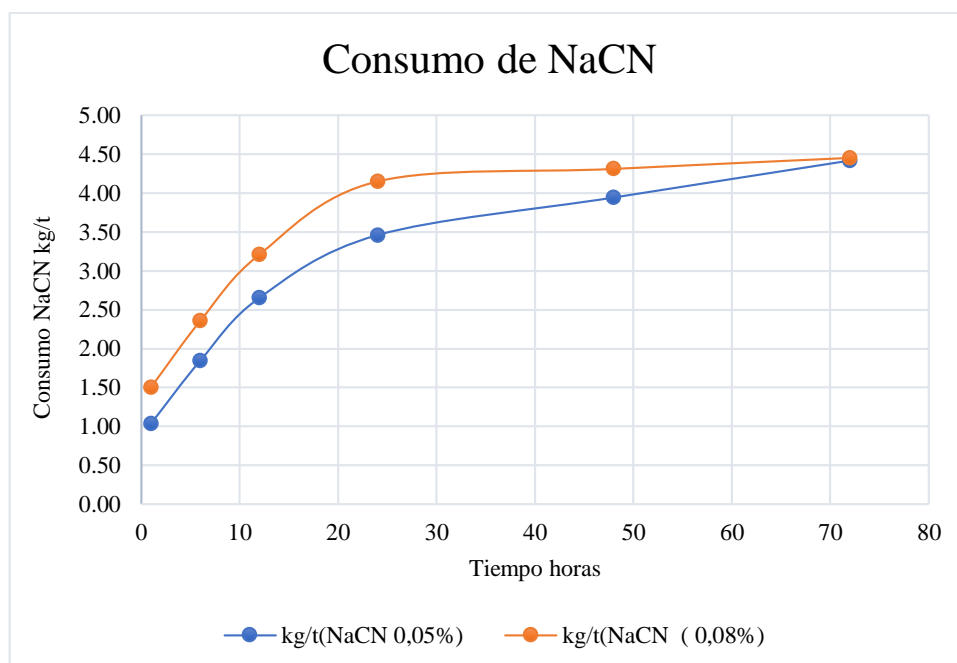
CaO					
Tiempo hr	CaO (g)	pHi	pHf	g/kg	kg/t(CaO 0,08%)
0	0,400	7,00	11,13	0,40	0,400
1	0,091	10,31	11,21	0,09	0,491
6	0,082	10,32	11,41	0,08	0,573
12	0,060	10,12	11,33	0,06	0,633
24	0,045	10,76	11,12	0,05	0,678
48	0,027	10,87	11,24	0,03	0,705

N°	Fuerza (g/L)	NaCN (g/kg)	CaO(g/kg)
1	0,500	4,421	0,675
2	0,800	4,455	0,705

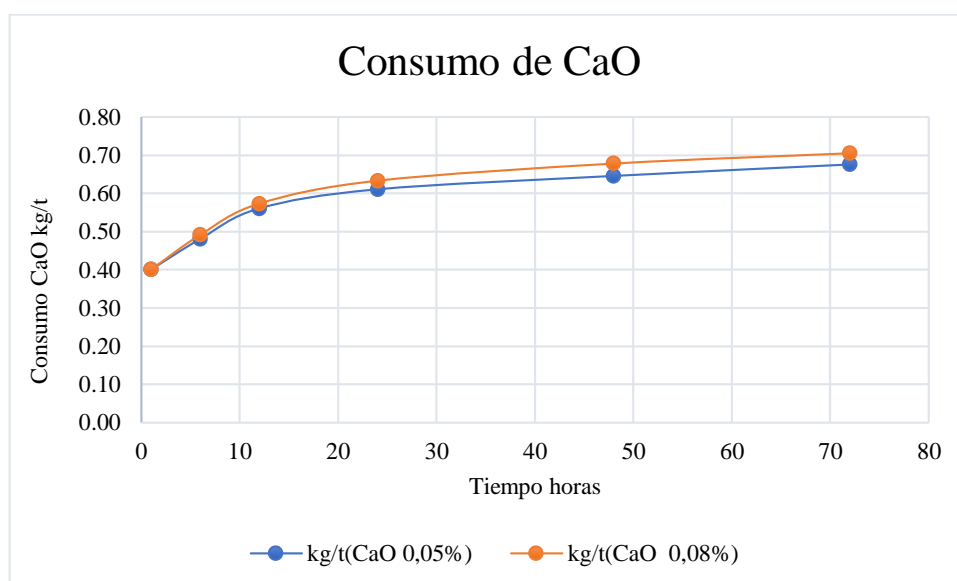
Anexo 15 Consumo de NaCN, CaO, Recup. Au, Ag.

Tiempo hr	kg/t(NaCN 0,05%)	kg/t(NaCN (0,08%))	kg/t(CaO 0,05%)	kg/t(CaO 0,08%)	Recup. Au (NaCN 0,05%)	Recup. Ag (NaCN 0,05%)	Recup. Au (NaCN 0,08%)	Recup. Ag (NaCN 0,08%)
1	1,04	1,51	0,40	0,40	1,11	0,12	1,17	0,15
6	1,84	2,36	0,48	0,49	6,64	0,72	7,04	0,93
12	2,65	3,21	0,56	0,57	13,29	1,44	14,08	1,86
24	3,46	4,15	0,61	0,63	26,57	2,88	28,17	3,72
48	3,95	4,31	0,65	0,68	53,15	5,76	56,33	7,43
72	4,42	4,45	0,68	0,71	79,72	8,64	84,50	11,15
		4,44		0,69			82,11	9,90

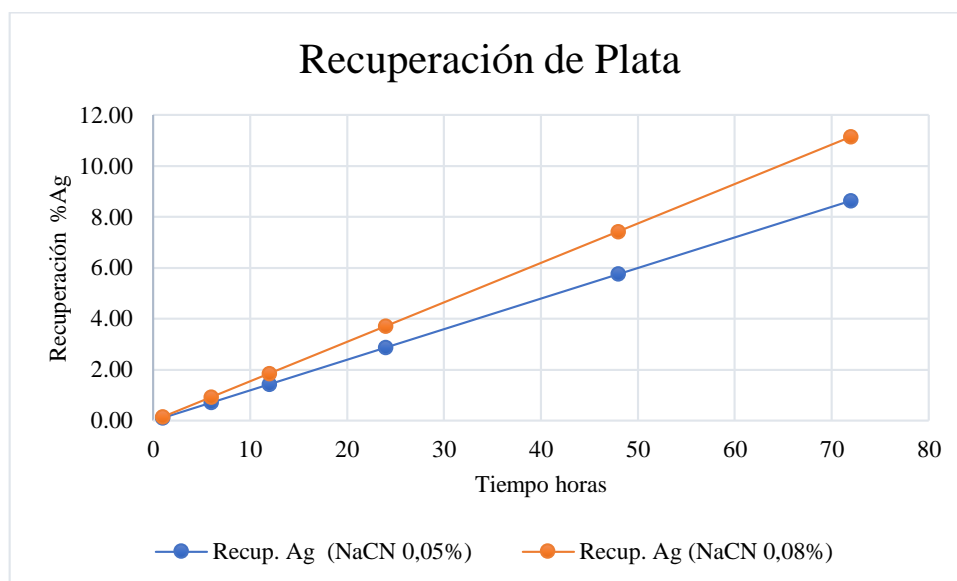
Anexo 16 Curva de Consumo de NaCN



Anexo 17 Curva de Consumo de CaO



Anexo 18 Curva de Recuperación de plata



Anexo 19 Curva de Recuperación de oro

