

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



"Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica"

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**"CIANURACIÓN DE LODOS HIDRATADO PROVENIENTE DE
AGUAS CIANURADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA
EN LA UNIDAD MINERA LA ZANJA"**

**TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALURGICO**

Autor:

PABLO MARTINEZ, EDWIN MIGUEL

Asesor:

Ing. NARVASTA TORRES, ISRAEL.

C.I.P. N° 146766

Huacho - Perú

2021



**“CIANURACIÓN DE LODOS HIDRATADO PROVENIENTE DE
AGUAS CIANURADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y
PLATA EN LA UNIDAD MINERA LA ZANJA”**



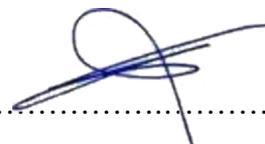
.....
Dr. SANCHEZ GUZMAN, ALBERTO IRHAAM

Presidente



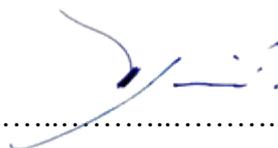
.....
M(o). IPANAQUE ROÑA, JUAN MANUEL

Secretario



.....
M(o). COCA RAMIREZ, VICTOR RAI

Vocal



.....
Ing. NARVASTA TORRES, ISRAEL

Asesor

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, hermano e hija, pues sin ellos no lo habría logrado. Su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda a su paciencia y amor. Los amo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de tesis el Ing. Israel Narvasta Torres y al Ing. Joaquín José Abarca Rodríguez por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase en especial a mis mejores amigos Alejandro Rojas Rojas y Jean Pierre Quintanilla Rivera ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional

PENSAMIENTO

“El camino más noble no es someter a los demás,
sino perfeccionarse a uno mismo” (Sócrates)

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PENSAMIENTO.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
ÍNDICE DE TABLA.....	xi
ANEXO.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
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.....	17
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.....	18
1.5 Delimitación del Estudio.....	19
1.6 Viabilidad del Estudio.....	19
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Investigación Internacional.....	20

2.1.2.	Investigación Nacional.....	21
2.2.	Bases Teóricas.....	22
2.2.1.	Cianuración.....	22
2.2.2.	Factores que Intervienen en la Cianuración.....	22
2.2.3.	Cianuración de Minerales de Oro y Plata.....	24
2.3.	Definiciones conceptuales.....	26
2.4.	Hipótesis de la Investigación.....	27
2.4.1.	Hipótesis General.....	27
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	27
2.5.	Operacionalización de Variables e Indicadores.....	28
CAPITULO III METODOLOGIA.....		29
3.1.	Diseño Metodológico.....	29
3.2.	Población y Muestra.....	30
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información.....	31
3.5.	Matriz de Consistencia.....	32
CAPITULO IV RESULTADOS.....		33
4.1.	Análisis de Resultados.....	33
4.1.1.	Condiciones del Tratamiento.....	33
4.1.2.	Primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm NaCN.....	34
4.1.3.	Segunda Prueba lixiviación en botella 70 ppm NaCN.....	42
4.1.4.	Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm NaCN.....	50
4.1.5.	Resultados de las Pruebas de Cianuración en Botellas.....	58
4.2.	Contrastación de Hipotesis.....	66
4.2.1.	Contrastación de Hipótesis General.....	66

4.2.2. Contrastación de Hipótesis Específicos.	74
CAPITULO V DISCUSIÓN.....	79
5.1. Discusión de Resultados.....	79
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
6.1. Conclusiones.....	81
6.2. Recomendaciones.....	82
CAPÍTULO VII FUENTES DE INFORMACION	83
7.1. Fuentes Bibliográficas.....	83

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Diagrama de pourbaix Au-H ₂ O-CN ⁻	25
Figura 2 Consumo de NaCN con 50 ppm NaCN	35
Figura 3 Consumo de CaO con 50 ppm NaCN	36
Figura 4 Extracción del oro vs tiempo de tratamiento para 50 ppm NaCN	37
Figura 5 Recuperación de oro vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN.	38
Figura 6 Extracción de la plata vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN.....	39
Figura 7 Recuperación de plata vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN.....	40
Figura 8 Consumo de NaCN con 70 ppm NaCN	43
Figura 9 Consumo de CaO con 70 ppm NaCN.....	44
Figura 10 Extracción del oro vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN	45
Figura 11 Recuperación del oro vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN	46
Figura 12 Extracción de plata vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN.....	47
Figura 13 Recuperación de plata vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN	48
Figura 14 Consumo de NaCN con 100 ppm NaCN	51
Figura 15 Consumo de CaO con 100 ppm NaCN.....	52
Figura 16 Curva de Extracción de oro vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN.....	53
Figura 17 Curva de recuperación de oro vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN	54
Figura 18 Curva de pH en el tiempo	59
Figura 19 Curva de Consumo de NaCN en el tiempo.....	59
Figura 20 Curva de consumo de CaO en el Tiempo	60
Figura 21 Curva de pH en función a la dosificación de CaO.....	60
Figura 22 Curva de Extracción de Oro vs Tiempo.....	63
Figura 23 Curva de Recuperación de Oro vs Tiempo.....	63
Figura 24 Curva de Extracción de Plata vs Tiempo.....	65

Figura 25 Curva de Recuperación de Plata vs Tiempo	65
Figura 26 Diagrama de Pareto para la concentración de Au(g/L) en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	67
Figura 27 Diagrama de Pareto para la recuperación Au en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	69
Figura 28 Diagrama de Pareto para la concentración de Ag(g/L) en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	71
Figura 29 Diagrama de Pareto para la recuperación del Au en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	73
Figura 26 Diagrama de Pareto para la recuperación del oro en función al tiempo	75
Figura 27 Diagrama de Pareto para la recuperación de plata en función al tiempo.....	76
Figura 28 Diagrama de Pareto para la concentración de oro g/m ³ fuerza de cianuro	77
Figura 29 Diagrama de Pareto para la concentración de plata g/m ³ fuerza de cianuro.....	78

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Efecto de la concentración de NaCN sobre la disolución del oro.....	23
Tabla 2 Efecto del oxígeno sobre la disolución del oro	24
Tabla 3 Operacionalización de variables e indicadores	28
Tabla 4 “Cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la Zanja”.....	32
Tabla 5 Ley de Cabeza de los lodos.....	33
Tabla 6 Condiciones de la primera cianuración 50 ppm NaCN.....	34
Tabla 7 Consumo de CaO y NaCN para 50 ppm.....	35
Tabla 8 Cinética de extracción y recuperación de oro con 50 ppm NaCN.....	37
Tabla 9 Cinética de extracción y recuperación de plata 50 ppm NaCN	39
Tabla 10 Balance metalúrgico de la cianuración con 50 ppm NaCN	41
Tabla 11 Condiciones de la primera cianuración 70 ppm NaCN.....	42
Tabla 12 Consumo de CaO y NaCN para 70 ppm.....	43
Tabla 13 Cinética de extracción y recuperación de oro con 70 ppm NaCN.....	45
Tabla 14 Cinética de extracción y recuperación de oro con 70 ppm NaCN.....	47
Tabla 15 Balance metalúrgico de la cianuración con 70 ppm NaCN	49
Tabla 16 Condiciones de la primera cianuración 100 ppm NaCN.....	50
Tabla 17 Consumo de CaO y NaCN para 100 ppm.....	51
Tabla 18 Cinética de extracción y recuperación de oro con 100 ppm NaCN.....	53
Tabla 19 Extracción y Recuperación de Plata Tercera Prueba 100 ppm NaCN.....	55
Tabla 20 Curva de Extracción de Plata vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN	55
Tabla 21 Curva de Recuperación de Plata vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN.....	56
Tabla 22 Balance metalúrgico de la cianuración con 100 ppm NaCN	57
Tabla 23 Consumo de CaO y NaCN a 50, 70 y 100 ppm	58

Tabla 24 Extracción y recuperación de oro y plata.....	61
Tabla 25 Extracción y Recuperación de Oro	62
Tabla 26 Extracción y Recuperación de Plata.....	64
Tabla 27 Análisis de Varianza de Au(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	66
Tabla 28 Análisis de Varianza de Recup(%Au) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)..	68
Tabla 29 Análisis de Varianza de Ag(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).....	70
Tabla 30 Análisis de Varianza de la Recup.(%Ag) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)	72
Tabla 31 Análisis de Varianza de la recuperación del oro vs tiempo de cianuración.....	74
Tabla 32 Análisis de Varianza de la recuperación de la plata vs tiempo de cianuración.....	75
Tabla 33 Análisis de Varianza de extracción de oro g/m ³ con fuerza de cianuro.....	77
Tabla 34 Análisis de Varianza de concentración de plata g/m ³ vs fuerza de cianuración	78

ANEXO

Anexo 1 Localización.....	87
Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos	88
Anexo 3 Prueba a 50 ppm	89
Anexo 4 Prueba a 70 ppm	89
Anexo 5 Prueba a 100 ppm	90

RESUMEN

En la Cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja, se realiza en el laboratorio de la unidad La Zanja de la empresa Buenaventura. Para efecto de la investigación experimental se trabajo con una ley de cabeza de 673.54 g/t Ag, 55.00 g/t de oro, porcentaje de solido del 40%, fuerza de cianuro de sodio de 50ppm, 70 ppm, 100 ppm en tiempo de 72 horas con una masa de 2000 g. Los mejores resultados obtenidos se tiene con una fuerza de 100 ppm para ello se tiene un consumo de NaCN 3.5 kg/t, 2.07 kg/t de CaO, con una extracción de plata 37.05 g/m³ con una recuperación del 8.03% para la plata, mientras que para el oro 54.29 g/m³ con una recuperación del 99.13%. Concluyendo que el tiempo en la extracción y recuperación del oro y plata tiene efecto significativo estadísticamente ya que el valor de p calculado es menor a 0.05, mientras que NaCN y CaO kg/t no tiene efecto significativo ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05 con una recuperación optima superior al 99% para el oro y una recuperación deficiente para la plata.

Palabras claves: Cianuración, extracción de oro plata, recuperación de oro playa, lixiviación de oro.

ABSTRACT

In the cyanidation of hydrated sludge from cyanide waters for the extraction of gold and silver in the mining unit La Ditch, it is carried out in the laboratory of the La Zanja unit of the Buenaventura company. For the purpose of experimental research, a head grade of 673.54 g / t Ag, 55.00 g / t of gold, solid percentage of 40%, sodium cyanide strength of 50ppm, 70 ppm, 100 ppm in time of 72 hours with a mass of 2000 g. The best results obtained are with a force of 100 ppm, for this there is a consumption of NaCN 3.5 kg / t, 2.07 kg / t of CaO, with an extraction of silver 37.05 g / m³ with a recovery of 8.03% for silver, while for gold 54.29 g / m³ with a recovery of 99.13%. Concluding that the time in the extraction and recovery of gold and silver has a statistically significant effect, the calculated p value is less than 0.05, while NaCN and CaO kg / t have no significant effect since the calculated p value is greater than 0.05 with optimal recovery greater than 99% for gold and poor recovery for silver.

Keywords: Cyanidation, gold silver extraction, beach gold recovery, gold leaching.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata, permite el tratamiento de los sólidos sedimentado del la recolección de las aguas de proceso, para ello es necesario ver que las reservas de minerales de oro y plata cada día se van agotando por lo que es necesario la recuperación de las aguas residuales que contengan los elementos metálicos que tenga valor económico. En los países industrializados se tiene el compromiso de la recuperación de oro y plata, cobalto, galio, etc a partir de los efluentes líquidos de las proceso, estos elementos metálicos por su valor económico y uso en alta tecnología, ya que estos elementos son difíciles de encontrar y se van agotando cada día, por otra parte, el uso en las tecnologías tiene un alta demanda.

Las aguas proveniente de las operaciones mineras tiene alta contaminación de los metales y partículas, por ello es necesario su tratamiento para la recuperación de los minerales y elementos metálicos de interés por ellos es necesario su tratamiento y recuperación del oro y plata al encontrarse ello.

La cianuración de los minerales es una de las técnicas más adecuada para la extracción del oro y plata, con un valor económico rentable, sin embargo es necesario los efluentes debe de ser tratado antes de evacuar de igual manera los sólidos se debe enivar a las relaveras y encapsular para no contaminar los ecosistema.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática.

En los procesos de tratamiento de los minerales tanto a escala pequeña como a grandes escalas se producen aguas del proceso de los lavados de las diferentes áreas de las plantas concentradoras como de las plantas de cianuración, estas aguas tienen minerales en suspensión son enviados a los sedimentadores con la finalidad de realizar la separación de los sólidos líquidos.

Los lodos de este proceso contienen minerales, estos minerales por su naturaleza de procedencia contiene minerales que contiene oro y plata, por lo tanto, se requiere su aprovechamiento para la producción de oro y plata, por el proceso de cianuración. Por lo que se requiere realizar las pruebas de laboratorio si es necesario, el proceso que justifique los gastos que se pueden realizar.

En la planta de cianuración de la unidad minera la Zanja tiene lodos recuperados de la separación sólidos líquido de los lavados de los distintitos puntos de la planta porque es necesario antes de enviar a la relavera realizar la cianuración ya que tiene valores de interés tanto el oro, plata y cobre, en este caso se realizará una prueba para realizar el oro y plata.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General

¿Sera factible la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el tiempo óptimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la recuperación de oro y plata en la unidad minera la zanja?
- ¿Cuál será la fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, como influye en la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja.

1.3.2 Objetivo Especifico

- Determinar el tiempo óptimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la recuperación de oro y plata en la unidad minera la zanja.
- Determinar cómo influye la fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.

1.4 Justificación de la Investigación.

Es estudio es importante porque se requiere tratar los lodos provenientes de los laborados de la cianuración, este material constituido de lodos tiene minerales con valor económico como el oro, plata y cobre. La recuperación del oro y plata de los lodos no genera

gastos en la preparación de minerales ya que este material después de la separación sólido líquido debe ser enviado a la relavera, por lo que si se trata y se obtiene oro y plata tendría un ingreso adicional, por lo que se busca, si es posible su recuperación desde el punto de vista técnico y económico para la empresa.

1.5 Delimitación del Estudio

El estudio se realizará durante el 2021 en el laboratorio de la unidad minera la Zanja. Se tiene la autorización del jefe del laboratorio y gerencia de planta para realizar el presente estudio.

Ubicado en el departamento de la Cajamarca, provincia de Santa Cruz Succhabamba, distrito de Pulán. A una altitud comprendido entre 2 800 a 3 811 msnm, se encuentra la concesión de la minera (Minera La Zanja S.R.L., 2007).

1.6 Viabilidad del Estudio

El presente estudio es viable desde el punto de vista económico y técnico. Sobre lo económico es asumido por el tesista respecto los trámites y estudio. Respecto lo costo es asumida por la empresa, ya que es de interés para empresa. En el técnico se tiene conocimiento sobre el proceso y las marchas a seguir para realizar a nivel experimental del presente estudio a realizar.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

En el “Pretratamiento oxidativo en medio ácido de un concentrado refractario de sulfuros, seguido de cianuración para la extracción de oro y plata” (Bracamontes, 2015), para una liberación de 75 micras para un porcentaje de sólido del 10% con 0,25 M de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ se tiene una recuperación mayor del 95% para el oro.

En la “Recuperación de oro y plata mediante lixiviación electrocinética en columna a escala laboratorio” (Echeverry, 2015), en el proceso de electro lixiviación a una granulometría entre 150 y 177 micras se tiene una recuperación de oro del 44,2% en un periodo de 20 horas a un potencial de 60 voltios frente al 6% de recuperación sin potencial eléctrico en la cianuración.

En la “Recuperación de oro y plata desde residuos ferríticos mediante cianuración” (Rojas, 2009) para una concentración de 2,4 g/L KCN se puede recuperar mayor al 90% en 72 horas, mientras que para una temperatura de 75°C solo 6 horas con una concentración de 0,06 g/L. Para un tiempo de 90 horas a un pH de 10,5 con una concentración de 0,06 g/L KCN se puede obtener una recuperación óptima.

En el trabajo sobre “Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba”, Arias, Fernández, Sánchez, & Lasserra (2017), para un mineral aglomerado para un consumo de 0,69 kg/t de NaCN a un pH de 10 a 11,5 se tiene una recuperación del orden de 63% de oro, con una concentración de 100 a 160 g/m³ de oro en la solución.

2.1.2. Investigación Nacional.

En el estudio sobre el “Recuperación de oro y plata por cianuración en minerales oxidados de matriz de sílice, Breapampa – Ayacucho” Diaz & Perez (2016), En la cianuración de minerales con una granulometría de menor a 1 pulgada con una fuerza de 500ppm se extrae entre 67.2 y 82.8 %, mientras que para la plata solo 20,4%. Sin embargo, con una molienda del pasante el 80% a malla 200 se tiene entre 86.5 y 78.5 % recuperación del oro para una fuerza de 500 ppm y con una fuerza del 1000 ppm se recupera 88,1% de plata.

En el trabajo de “cianuración de minerales auríferos por agitación en presencia de cobre para la extracción de oro a nivel laboratorio” Mariluz (2018) la recuperación del oro es de 88.73% con un consumo de 1,3 kg/t de cianuro de sodio a un pH 11,8 con una proyección del 98,04% con un consumo de cianuro de sodio del 1,54 kg/t.

En la “Caracterización y tratamiento por cianuración de sulfuros para la recuperación de oro en Quío – Ambo – Huánuco – 2019” Ferrer (2019), llega a una recuperación del 80,21% para el oro y la plata de orden de 52,20% en un tiempo de las 36 horas a nivel experimental que permite tener los datos a realizar el pilotaje.

En las “Pruebas de cianuración en botellas y columnas para minerales mixtos auríferos en la empresa minera J.J. inversiones mineras SAC en Abancay” (Hisidro, 2018), para una granulometría pasante a $\frac{1}{4}$ ” en 15 días se tiene una recuperación del 90,90% para el oro y la plata de 60,70% con un consumo de cianuro de sodio de 2,3 kg/t y cal de 1,7kg/t.

En el proceso de “optimización de la recuperación de oro mediante el control de la densidad y el pH por el método carbón en pulpa en la procesadora Neal SAC. Chala-Arequipa” (Machuca, 2019), para una liberación del mineral pasante a la malla 200 del 85% y un pH entre 11-12 se tiene una recuperación del orden del 94% con un consumó de cianuro de sodio de 0,83 kg/t con una dilución de 4:1.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Cianuración.

La cianuración es un proceso que permite realizar la extracción o disolución de los metales a partir de minerales o de una aleación con la finalidad de llevar al oro y plata en forma iones en la solución. Los compuestos de cianuro que se encuentran en el mercado se tiene cianuro de potasio, cianuro de sodio y cianuro de calcio. El cianuro de sodio es el mas empleado en la industria, la concentración de cianuro de cianuro de sodio se puede encontrar desde 85% hasta el 98% de pureza de NaCN (Vargas, 2015).

El NaCN “alcalino en el agua se hidroliza como sigue: $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCN} + \text{NaOH}$ ” (Vargas, 2015, p. 36). Para tener una estabilidad para del NaCN es necesario mantener en un pH básico para ello es necesario el medio debe ser básico para ello se puede utilizar la CaO, NaOH, para que no se pierda el HCN en forma de gas.

2.2.2. Factores que Intervienen en la Cianuración.

Los factores que intervienen en la extracción del oro mediante el uso del cianuro de sodio, dependen primeramente de la liberación y el tamaño del oro, presencia del oxígeno, concentración del cianuro de sodio, pH(alcalinidad), temperatura, tiempo, calidad del agua (Vargas, 2015).

2.1.1.1.Efeto del Tamaño de Particular en la Velocidad de Disolución.

La disolución de oro asociado a los minerales depende de la liberación de las partículas, por lo que es necesario realizar un estudio mineralógico de la asociación y tamaño de las partículas asociadas. Mientras que la disolución de oro en función de las partículas está en la siguiente relación para un tamaño de “44 micrones tomara 13 horas, y (..) de 119 micras de espesor no mayor a 44 horas” (Misari, 2010, pág. 27). Mientras que la plata del mismo tamaño tomara el doble de tiempo en la disolución.

2.1.1.2.Efeto de la Concentración del Cianuro Sobre la Velocidad de Disolución.

En el proceso de la disolución de oro mediante los agentes extractores depende específicamente en la concentración adecuado para una extracción adecuada si se tiene una concentración en exceso extrae otros elementos y sin es demasiado pobre no extrae al oro. En las pruebas realizado por Barsly, Swainson y Hedley citado por Vargas (2015) “comprobaron que la concentración de la solución para una rápida disolución es de 0,05%NaCN” (p.39). En la tabla 2 se puede apreciar cómo afecta la disolución del oro de acuerdo la concentración del NaCN.

Tabla 1
Efecto de la concentración de NaCN sobre la disolución del oro

%NaCN en la solución	Au disuelto en 1 hora
	mg/cm²
0,500	2,943
0,250	3,007
0,100	2,986
0,050	3,251
0,025	2,513
0,010	0,338

Nota: Fuente “Metalurgia del oro y plata” (Vargas, 2015, p. 39)

2.1.1.3.Efeto del Oxigeno sobre la Velocidad de Disolución.

Para la disolución del oro mediante el agente extractor que es el cianuro de sodio es necesario la presencia del oxígeno en la reacción química para que el metal de oro pase a iones de oro. Para la disolución de oro en soluciones del 0,10% NaCN a 25°C, las pruebas realizadas por Barsly, Swainson y Hedley se pueden mostrar en la tabla 1 (Vargas, 2015).

Tabla 2
Efecto del oxígeno sobre la disolución del oro

%Oxígeno	Disolución del oro mg/cm²/hora
0,00	0,04
9,60	1,03
20,90	2,36
60,10	7,62
99,50	12,62

Nota: Fuente “Metalurgia del oro y plata” (Vargas, 2015, p. 40)

2.1.1.4.Efecto de alcalinidad sobre la disolución.

La presencia del estado alcalino del medio permite disminuir, pérdida de cianuro por hidrólisis, consumo de por el dióxido de carbono, descomposición de bicarbonatos, neutralización de componentes acidas de los minerales (Vargas, 2015). Para una extracción adecuada se debe mantener a un pH donde adecuado donde el cianuro permite una extracción óptima entre 10 a 11 de pH.

2.1.1.5.Efecto de la Temperatura.

La disolución del oro en relación de la temperatura se puede tener dos condiciones, el incremento la temperatura permite la aceleración de la disolución del oro, mientras que se incrementa la temperatura y se elimina la concentración del oxígeno en la solución decrece la extracción del oro, para que se complete la reacción es necesario la presencia del oxígeno (Misari, 2010).

2.2.3. Cianuración de Minerales de Oro y Plata.

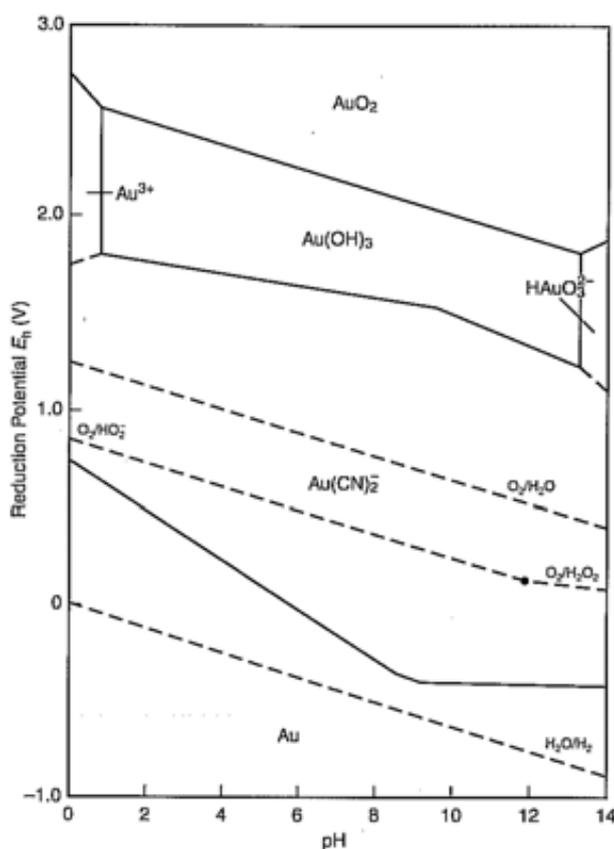
En el proceso de extracción de los metales se utiliza el cianuro de sodio como medio de disolución de oro y plata.

La relación más simple de la extracción de oro desde los minerales, “la reacción para disolución de oro metálico en una solución diluida de cianuro es: $\text{Au} + 2\text{CN} \rightarrow \text{Au}(\text{CN})_2 + \text{e}^-$ ” (Vargas, 2015, p. 37).

En el proceso de cianuración sin la presencia del oxígeno no se disuelve el oro, por lo que es necesario realizar una aireación intensa para que puede interferir el oxígeno en la disolución de oro en el proceso, dentro de todas las ecuaciones propuestas la más aplicable es la de Elsner, “es la que realmente expresa la reacción de la disolución del oro en soluciones de cianuro $4\text{Au} + 8\text{CN} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Au}(\text{CN})_2 + 4\text{OH}^-$ ” (Vargas, 2015, p. 38).

Mientras que para la plata la cianuración en un medio alcalina se puede expresar “la reacción es la siguiente: $2\text{Ag} + 4\text{KCN} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KAg}(\text{CN})_2 + 2\text{KOH}$ ” (Vargas, 2015, p. 177). Para que pueda realizarse esta reacción los minerales de plata debe estar pre tratadas.

Figura 1 Diagrama de pourbaix Au-H₂O-CN



Nota: Fuente “Figure 6.3 potential-pH equilibrium diagram for the system Au-H₂O-CN- a 25°C” (Marsden & Lain, 2006, p. 239).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) Cianuración: Es el proceso de extracción del oro y plata mediante el uso del cianuro de sodio en una solución diluido, mediante el riego a los minerales en las pilas o mediante una agitación de la pulpa de mineral donde contiene el cianuro de sodio para la recuperación de oro y plata.
- b) Lodos: “Los lodos consisten en una mezcla de agua y sólidos separada del agua residual, como resultado de procesos naturales o artificiales” (Gobierno de España, 2013).
- c) Hidratados: Es el resultado de un secado de los sólidos húmedos que se han eliminado el agua.
- d) Aguas cianuradas: Es la solución que contiene el cianuro de sodio, que es el agua del proceso de la cianuración.
- e) Extracción:
- f) Unidad: Se refiere a una planta metalúrgico, puede ser de concentración o extracción de metales.
- g) Minera: Es la unidad donde se realiza la exploración, extracción de los minerales, concentración de los minerales y/o de la extracción y recuperación de los elementos metálicos.
- h) Recuperación: Es la cantidad porcentual de extracción oro desde un mineral determinado es decir lo se saca por cien sobre lo que existía en el mineral originalmente antes del proceso.
- i) Concentración: Es la presencia de los componentes en relación al volumen del componente es decir puede está en g/L, ppm, mg/L, etc.
- j) Fuerza de cianuro: Es la concentración del cianuro de sodio en un volumen de unidad es decir %, ppm, mg/L, g/L, etc.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General

Con una cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, nos permitirá extraer de oro y plata en una proporción adecuada en la unidad minera la zanja.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- a) Con un el tiempo optimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, se tendrá una recuperación adecuada de oro y plata en la unidad minera la zanja.
- b) Con una adecuada fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, nos permitirá obtener una calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

En el proceso de la “Cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja”, la operacionalización de las variables e indicadores se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 3
Operacionalización de variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Cianuración de lodos	La cianuración es el medio por el cual se extrae el oro y plata de los minerales por disolución con el cianuro de sodio.	Factores inter	- Tiempo(hr). - Fuerza NaCN (ppm)
Dependiente			
Extracción de oro y plata	Es el mecanismo de disolver al oro y plata en forma de iones que pasaran al fluido como un complejo cianuro áurico y cianuro de plata.	Medida	- Concentración(g/m ³). - Recuperación (%).
Intervinientes			
		Co proceso	- Densidad de pulpa. - pH. - Agitación. - Dilución

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

En una investigación realizado en el laboratorio, el tipo de investigación es tecnológica, “está dirigida a descubrir y conocer que técnicas son más eficaces o apropiados (...) para operar, producir cambios o conservar los progresos alcanzados” (Carrasco, 2008, pág. 45).

3.1.2. Nivel de Investigación.

En un trabajo realizado a nivel laboratorio por la manipulación de las variables tiene causa efecto, por lo que el nivel de investigación es explicativa o causal, “es decir con este estudio podemos conocer por que un hecho o fenómeno de la realidad tiene tales y cuales características, cualidades, propiedades, etc., en síntesis, por qué la variable estudio es como es” (Carrasco, 2008, pág. 42).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

En un trabajo donde se realizan manipulación de variables independientes se denomina diseño de investigación experimental, ya que se “manipula intencionalmente el objeto de investigación (...), para observar y analizar sus efectos” (Silvestre & Huamán, 2019, pág. 283).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

En una investigación donde se analizar datos numéricos recopilado tiene un enfoque cuantitativo, “ya que parte de la investigación de un problema, se plantea hipótesis, se somete a análisis estadístico y se generaliza sus resultados con nivel de significancia” (Silvestre & Huamán, 2019, pág. 115).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

La población para realizar la muestra está conformada por el lodo generado del tratamiento de aguas en exceso de la unidad Minera La Zanja es normalmente almacenado en pozas de sedimentación, para luego ser filtrado mediante.

3.2.2. Muestra de la Investigación.

La muestra para el trabajo se extraerá, del lodo hidratado que son generado del tratamiento de aguas en exceso en unidad Minera La Zanja que se extraen aproximadamente 150 kg para luego este material sean homogenizado y cuarteado para las pruebas aproximadamente 2 kg de muestras que son sellados para luego se utilizara para las respectivas pruebas experimentales.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas a emplear.

Por su característica del trabajo a realiza se usarán la técnica de observación experimental, ya que, en el proceso de realizar la parte experimental, se necesita recopilar datos durante el proceso que se realizarán, para luego estas informaciones obtenidas poder procesarlas (Carrasco, 2008).

3.3.2. Descripción de los instrumentos.

Para la recopilación de la información de la observación experimental, se emplearán la lista de cotejo para anotación de los datos obtenidos, junto con las escalas, ya que estos instrumentos nos permitirán anotar los datos que se pueden obtener de los datos ingresante y resultados obtenidos de las pruebas experimentales (Carrasco, 2008).

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.

Por su naturaleza de la investigación se utilizará la estadística, ya que “los valores que toman las variables del estudio (datos), se procede a su análisis estadístico, el cual permite hacer suposiciones e interpretaciones sobre la naturaleza y significación (...) a los distintos tipos de información que puedan proporcionar” (Palella & Martins, 2012, pág. 174). Para ellos se utilizará el Excel y programas estadísticas como minitab 19 para el procesamiento de los datos en tablas y gráfico.

3.5. Matriz de Consistencia.

AUTOR: Pablo Martínez, Edwin Miguel.

Tabla 4

“Cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la Zanja”

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
General	- ¿Será factible la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja?	- Analizar la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, como influye en la extracción de oro y plata en la unidad minera la zanja.	- Con una cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, nos permitirá extraer de oro y plata en una proporción adecuada en la unidad minera la zanja.	<u>Independiente</u> • Cianuración de lodos	<u>Tipo de investigación:</u> Tecnológica
	- ¿Cuál será el tiempo óptimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la recuperación de oro y plata en la unidad minera la zanja?	- Determinar el tiempo óptimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la recuperación de oro y plata en la unidad minera la zanja.	- Con un el tiempo óptimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, se tendrá una recuperación adecuada de oro y plata en la unidad minera la zanja.	<u>Dependiente.</u> • <u>Extracción de oro y plata</u>	<u>Nivel de Investigación:</u> explicativa
Específico	- ¿Cuál será la fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja?	- Determinar cómo influye la fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, en la calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.	- Con una adecuada fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, nos permitirá obtener una calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.	<u>Independiente</u> - Fuerza de NaCN (ppm)	<u>Diseño de Investigación:</u> Experimental
	-	-	-	<u>Dependiente.</u> - Concentración (g/m ³)	<u>Enfoque de Investigación:</u> Cuantitativo
	-	-	-	<u>Independiente</u> - Tiempo (hr)	<u>Población Muestra: Lote</u>
	-	-	-	<u>Dependiente.</u> - Recuperación (%)	<u>Técnica Recolección Datos:</u> Observación
	-	-	-	<u>Independiente</u> -	<u>Técnica Procesamiento</u>
	-	-	-	<u>Dependiente.</u> -	<u>Información:</u> Estadístico

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados.

4.1.1. Condiciones del Tratamiento.

El lodo hidratado generado producto del tratamiento de aguas en exceso (PTE) en unidad Minera La Zanja es normalmente almacenado en pozas de sedimentación, para luego ser filtrado mediante un Filtro Prensa.

Para este desarrollo experimental se ha realizado la prueba de lixiviación en botellas con el lodo generado en planta de tratamiento de aguas en exceso (PTE), mediante Cianuración a una concentración de 50, 70 y 100 ppm.

Las pruebas de lixiviación en botellas para nuestro caso se tomará tres muestras, las cuales estarán lixivando en paralelo. Las tres muestras tienen una sola ley de cabeza como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5

Ley de Cabeza de los lodos

	Ag g/t	Au g/t
Ley de cabeza	673.54	55.00

De la tabla 5 la ley de cabeza de los lodos se tiene para la plata de 673.54 g/t y de oro 55.00 g/t.

4.1.2. Primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm NaCN

4.1.2.1. Condiciones de la primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm NaCN.

Las condiciones de la primera prueba de cianuración a una fuerza de 50 ppm se muestran en la siguiente tabla 6.

Tabla 6
Condiciones de la primera cianuración 50 ppm NaCN

Dato	Especificación	Unidades	
Muestra	Lodo Hidratado		
%Sólidos		40	%
Peso de la Muestra		2000	g
Volumen Total de Solución		3000	mL
Fuerza de Cianuro		50	ppm
Densidad del lodo		1.150	g/cm ³
Densidad de Pulpa		1150	g/L
Tiempo de Cianuración		48	horas

De la tabla 6 las condiciones de trabajo son con un porcentaje de sólidos del 40%, con una muestra de 2000 g, para un volumen de 3000 mL, para una fuerza de 50 ppm de cianuro en la solución, densidad de pulpa de 1150 g/cm³, es un espacio de 48 horas de tratamiento.

4.1.2.2. Consumo de Cal y Cianuro de sodio de la primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm NaCN.

Las consideraciones a tener en cuenta para el análisis del consumo de cianuro se tienen los siguientes:

El factor = volumen*0.025%.

NaCN Remanente = AgNO₃ consumido * El factor.

NaCN Agregar= gramos iniciales (0.29 gr equivalente a 50 ppm) - NaCN Remanente.

Ppm CN Remanente= (NaCN Remanente / volumen) *1000000.

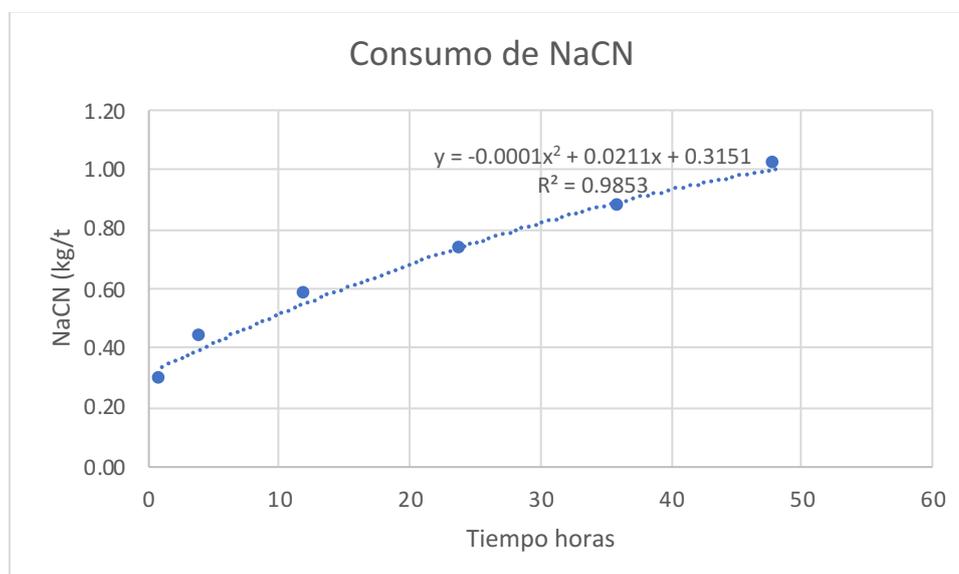
Ppm CN Consumido= ppm inicial - ppm CN Remanente.

Tabla 7
Consumo de CaO y NaCN para 50 ppm

Tiempo (hr)	pH	NaCN (g)	CaO(g)	NaCN (kg/t)	Δ NaCN (kg/t)	CaO(kg/t)	Δ CaO (kg/t)
0	8.48	0.29	1.0	0.15	0.15	0.50	0.50
1	8.29	0.29	1.0	0.15	0.29	0.50	1.00
4	8.40	0.29	1.2	0.15	0.44	0.60	1.60
12	8.94	0.29	1.4	0.15	0.58	0.70	2.30
24	8.94	0.29	1.0	0.15	0.73	0.50	2.80
36	9.46	0.29	1.0	0.15	0.87	0.50	3.30
48	10.10	0.29	1.4	0.15	1.02	0.70	4.00

De la tabla 7 el consumo de CaO en 48 horas es de 4.00 kg/t, mientras que el cianuro de sodio es de 1.02 kg/t

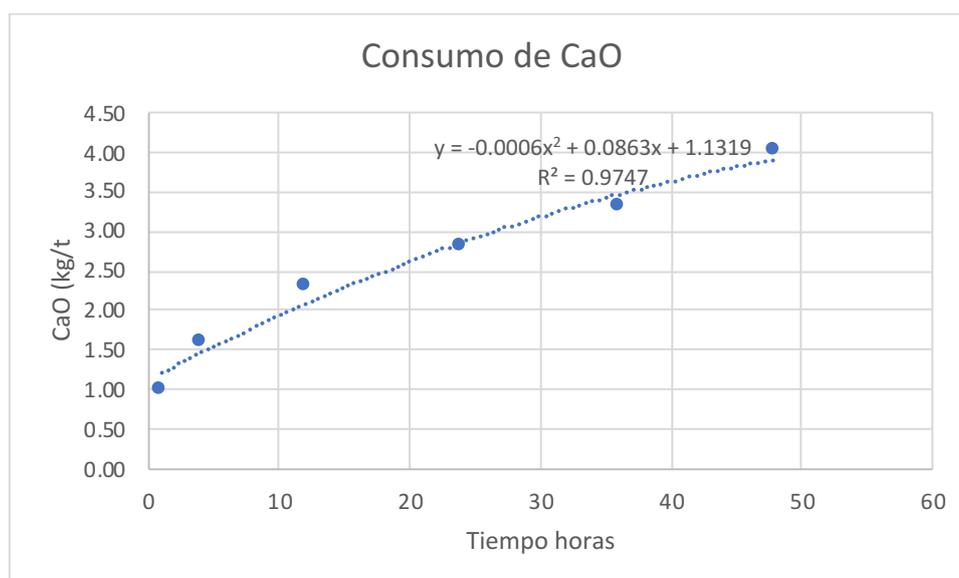
Figura 2
Consumo de NaCN con 50 ppm NaCN



De la figura 2 la curva de consumo de NaCN en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{NaCN(g/t)} = -0.0001(\text{tiempo horas})^2 + 0.0211(\text{tiempo horas}) + 0.3151$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9853$ ($r=0.9926$).

Figura 3
Consumo de CaO con 50 ppm NaCN



De la figura 3 la curva de consumo de CaO en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{CaO(g/t)} = -0.0006(\text{tiempo horas})^2 + 0.0863(\text{tiempo horas}) + 1.1319$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9747$ ($r=0.9873$).

4.1.2.3. Cinética Cianuración de la Primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm NaCN.

a) Cinética de Cianuración del Oro Primera Prueba.

Tabla 8

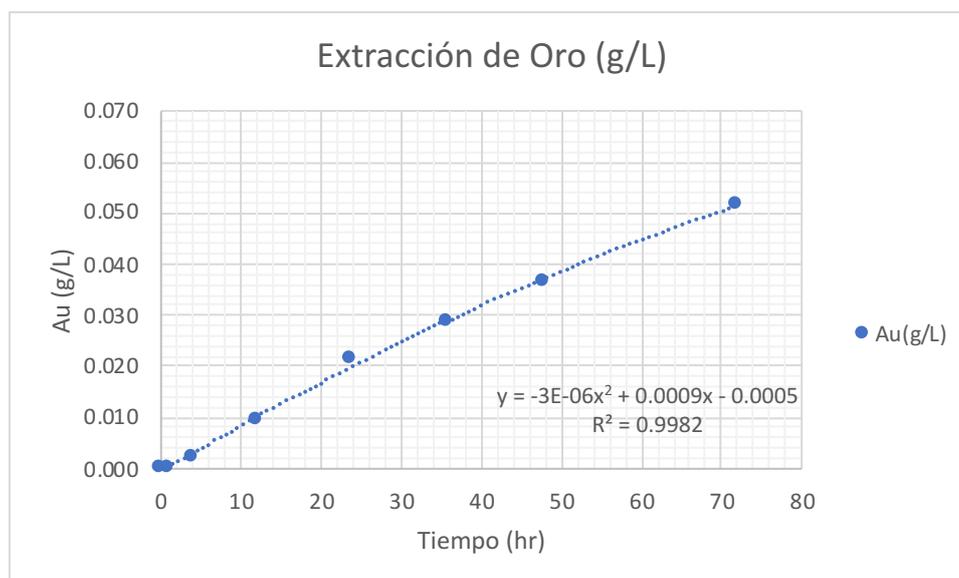
Cinética de extracción y recuperación de oro con 50 ppm NaCN

Tiempo hr	Au(g/L)	g (Au)	Recup. (%Au)
0	0.000	0.000	0.00
1	0.000	0.001	0.55
4	0.002	0.007	4.62
12	0.010	0.029	18.14
24	0.022	0.065	40.32
36	0.029	0.087	53.53
48	0.036	0.109	67.68
72	0.052	0.155	95.99

En la tabla 8 la extracción del oro en 48 horas es de 0.036 g/L de oro con una recuperación del 67.68%, mientras que en 72 horas alcanza 0.052 g/L de oro en la solución con una extracción del 95.99%.

Figura 4

Extracción del oro vs tiempo de tratamiento para 50 ppm NaCN



De la figura 4 la curva de extracción de oro gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -3 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 + 0.0009(\text{tiempo horas}) + 0.0005$ para un coeficiente correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9982$ ($r=0.9991$).

Figura 5

Recuperación de oro vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN.



De la figura 5 la curva de recuperación de oro porcentaje (%) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{Recuperación Au (\%)} = -0.0052(\text{tiempo horas})^2 + 1.7146(\text{tiempo horas}) + 0.8899$ para un coeficiente correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9982$ ($r=0.9991$).

b) Cinética de Cianuración del Plata Primera Prueba.

Tabla 9

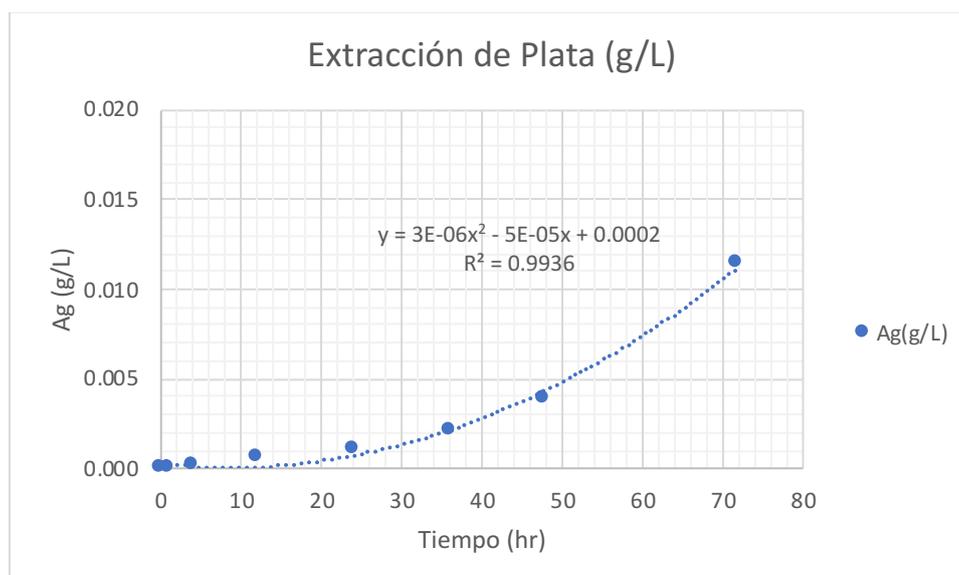
Cinética de extracción y recuperación de plata 50 ppm NaCN

Tiempo hr	Ag(g/L)	g (Ag)	Recup. (%Ag)
0	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.005
4	0.000	0.000	0.026
12	0.000	0.001	0.109
24	0.001	0.003	0.235
36	0.002	0.006	0.443
48	0.004	0.012	0.860
72	0.011	0.034	2.529

En la tabla 9 la extracción de plata en 48 horas es de 0.004 g/L de oro con una recuperación del 0.86%, mientras que en 72 horas alcanza 0.011 g/L de plata en la solución con una extracción del 2.529%.

Figura 6

Extracción de la plata vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN

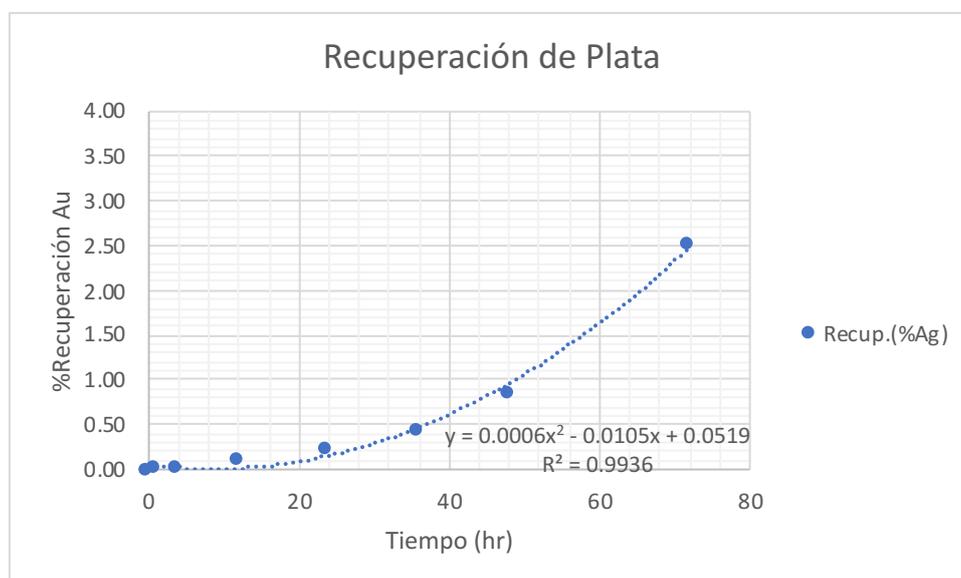


De la figura 6 la curva de extracción de plata gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = 3 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 + 5 \times 10^{-5}(\text{tiempo horas}) + 0.0002$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9936$ ($r=0.9968$).

Figura 7

Recuperación de plata vs tiempo de tratamiento 50 ppm NaCN



De la figura 7 la curva de recuperación de plata porcentaje (%) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{Recuperación Ag (\%)} = 0.0006(\text{tiempo horas})^2 + 0.0105(\text{tiempo horas}) + 0.0519$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9936$ ($r=0.9968$).

4.1.2.4. Resultado de la recuperación de la primera Prueba lixiviación en botella 50 ppm

NaCN.

Tabla 10

Balance metalúrgico de la cianuración con 50 ppm NaCN

	Ley		Contenido Metálico		Recuperación		
	kg o L	g/t o g/m ³ (Ag)	g/t o g/m ³ (Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza	2.00	679.20	80.88	1.36	0.16	100	100
Solución	3.00	11.45	51.76	0.03	0.16	2.53	95.99
Relave	2.00	662.09	3.25	1.32	0.01	97.47	4.01
Cab.Cal	2.00	679.20	80.88	1.36	0.16	100.00	100.00

En la tabla 8 la calidad de la concentración de plata es de 11.45 g/m³, con una recuperación del 2.53%, para el oro es de 51.76 g/m³ con una recuperación del 95.99%. mientras en el relave tiene un desplazamiento del 662.09 g/t de plata del 97.47% y para el oro de 3.25g/t con un 4.01%.

4.1.3. Segunda Prueba lixiviación en botella 70 ppm NaCN

4.1.3.1. Condiciones de la Segunda Prueba lixiviación en botella 70 ppm NaCN.

Las condiciones de la segunda prueba de cianuración se muestran en la siguiente tabla 9.

Tabla 11
Condiciones de la primera cianuración 70 ppm NaCN

Dato	Especificación	Unidades	
Muestra	Lodo Hidratado		
%Sólidos		40	%
Peso de la Muestra		2000	g
Volumen Total de Solución		3000	mL
Fuerza de Cianuro		70	ppm
Densidad del lodo		1.150	g/cm ³
Densidad de Pulpa		1150	g/L
Tiempo de Cianuración		48	horas

De la tabla 11 las condiciones de trabajo son con un porcentaje de sólidos del 40%, con una muestra de 2000 g, para un volumen de 3000 mL, para una fuerza de 70 ppm de cianuro en la solución, densidad de pulpa de 1150 g/cm³, es un espacio de 48 horas de tratamiento.

4.1.3.2. Consumo de Cal y Cianuro de sodio de la primera Prueba lixiviación en botella 70 ppm NaCN.

Las consideraciones a tener en cuenta para el análisis del consumo de cianuro se tienen los siguientes:

El factor = volumen*0.025%.

NaCN Remanente = AgNO₃ consumido * El factor.

NaCN Agregar= gramos iniciales (0.41 g equivalente a 70 ppm) - NaCN Remanente.

Ppm CN Remanente= (NaCN Remanente / volumen) *1000000.

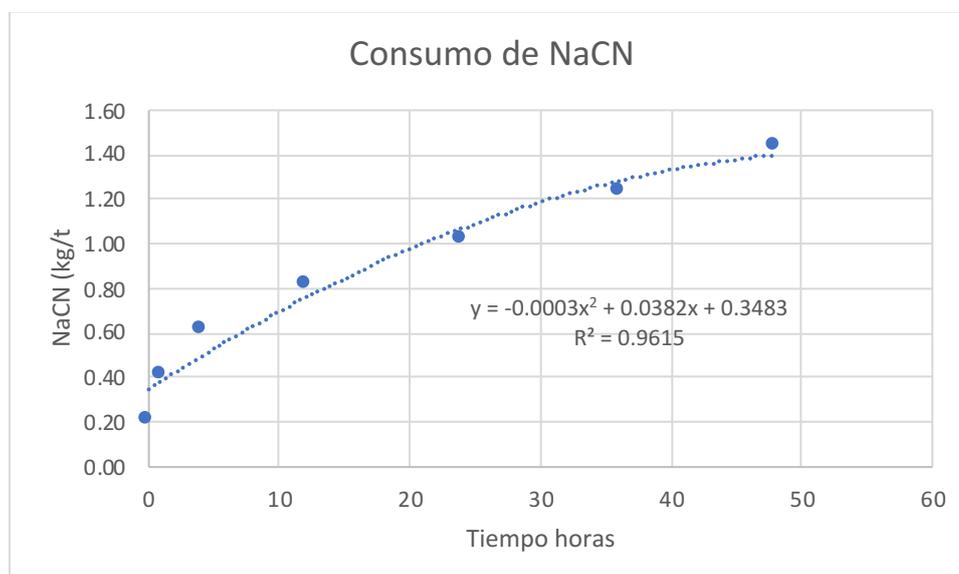
Ppm CN Consumido= ppm inicial - ppm CN Remanente.

Tabla 12
Consumo de CaO y NaCN para 70 ppm

Tiempo (hr)	pH	NaCN (g)	CaO(g)	NaCN (kg/t)	Δ NaCN (kg/t)	CaO(kg/t)	Δ CaO (kg/t)
0	8.48	0.41	1.0	0.21	0.21	0.50	0.50
1	8.45	0.41	1.0	0.21	0.41	0.50	1.00
4	8.43	0.41	1.2	0.21	0.62	0.60	1.60
12	8.46	0.41	1.3	0.21	0.82	0.65	2.25
24	8.91	0.41	1.0	0.21	1.03	0.50	2.75
36	9.51	0.41	1.0	0.21	1.23	0.50	3.25
48	10.10	0.41	1.4	0.21	1.44	0.70	3.95

De la tabla 10 el consumo de CaO en 48 horas es de 3.95 kg/t, mientras que el cianuro de sodio es de 1.44 kg/t

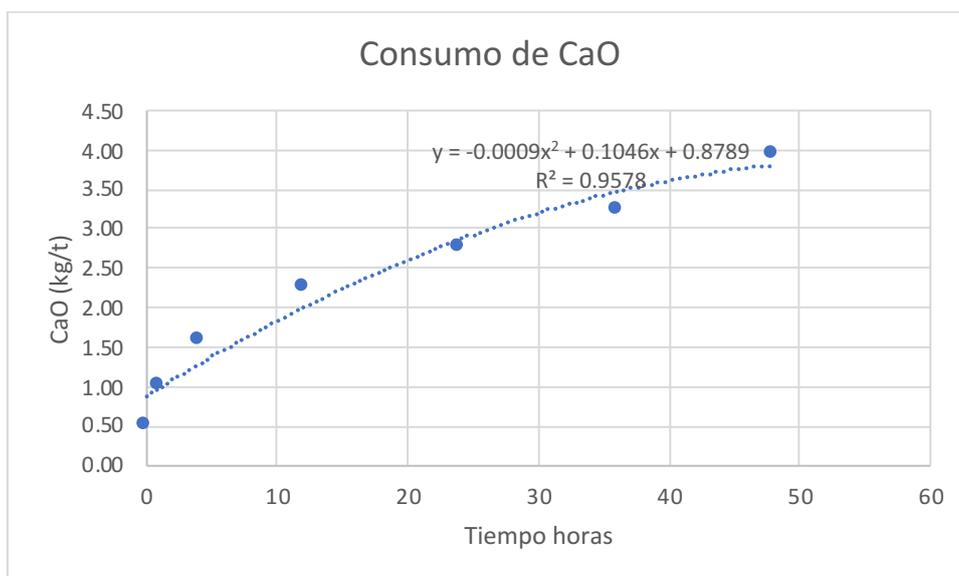
Figura 8
Consumo de NaCN con 70 ppm NaCN



De la figura 4 la curva de consumo de NaCN en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{NaCN(g/t)} = -0.0003(\text{tiempo horas})^2 + 0.0382(\text{tiempo horas}) + 0.3483$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9615$ ($r=0.9801$).

Figura 9
Consumo de CaO con 70 ppm NaCN



De la figura 5 la curva de consumo de CaO en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{CaO(g/t)} = -0.0009(\text{tiempo horas})^2 + 0.1046(\text{tiempo horas}) + 0.8789$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9578$ ($r=0.9787$).

4.1.3.3. Cinética Cianuración de la Segunda Prueba lixiviación en botella 70 ppm NaCN.

a) Cinética de Cianuración del Oro Segunda Prueba 70 ppm NaCN.

Tabla 13

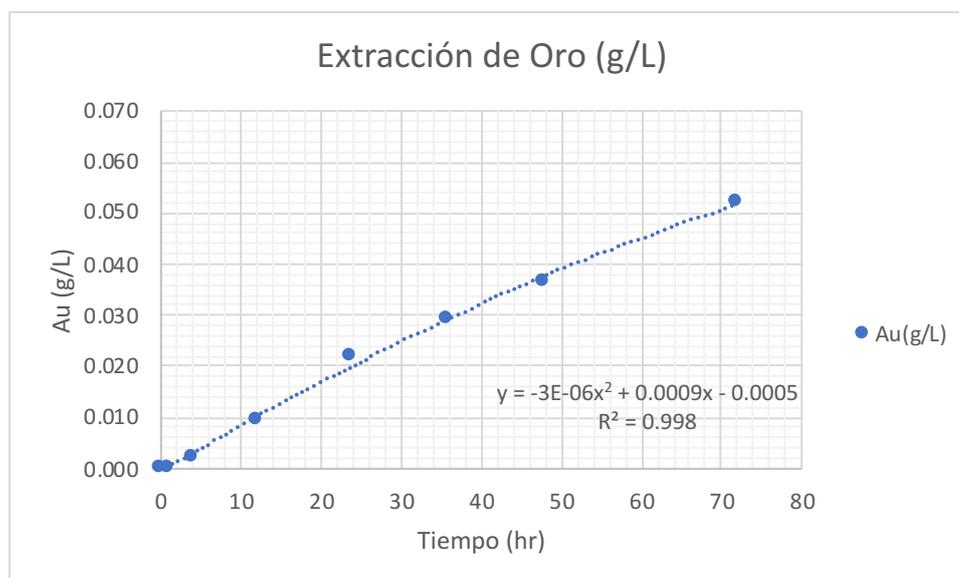
Cinética de extracción y recuperación de oro con 70 ppm NaCN

Tiempo hr	Au(g/L)	g (Au)	Recup. (%Au)
0	0.0000	0.000	0.00
1	0.0003	0.001	0.51
4	0.0024	0.007	4.43
12	0.0097	0.029	18.05
24	0.0219	0.066	40.60
36	0.0292	0.088	54.14
48	0.0367	0.110	67.91
72	0.0521	0.156	96.40

En la tabla 8 la extracción del oro en 48 horas es de 0.0367 g/L de oro con una recuperación del 67.91%, mientras que en 72 horas alcanza 0.0521 g/L de oro en la solución con una extracción del 96.40%.

Figura 10

Extracción del oro vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN



De la figura 10 la curva de extracción de oro gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -3 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 + 0.0009(\text{tiempo horas}) + 0.0005$ para un coeficiente correlación al cuadrado de $R^2 = 0.998$ ($r=0.9999$).

Figura 11

Recuperación del oro vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN



De la figura 11 la curva de recuperación de oro en porcentaje (%) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{Recuperación Au (\%)} = -0.0054(\text{tiempo horas})^2 + 1.7339(\text{tiempo horas}) - 0.0127$ para un coeficiente correlación al cuadrado de $R^2 = 0.998$ ($r=0.9999$).

b) Cinética de Cianuración del Plata Segunda Prueba para 70 ppm NaCN.

Tabla 14

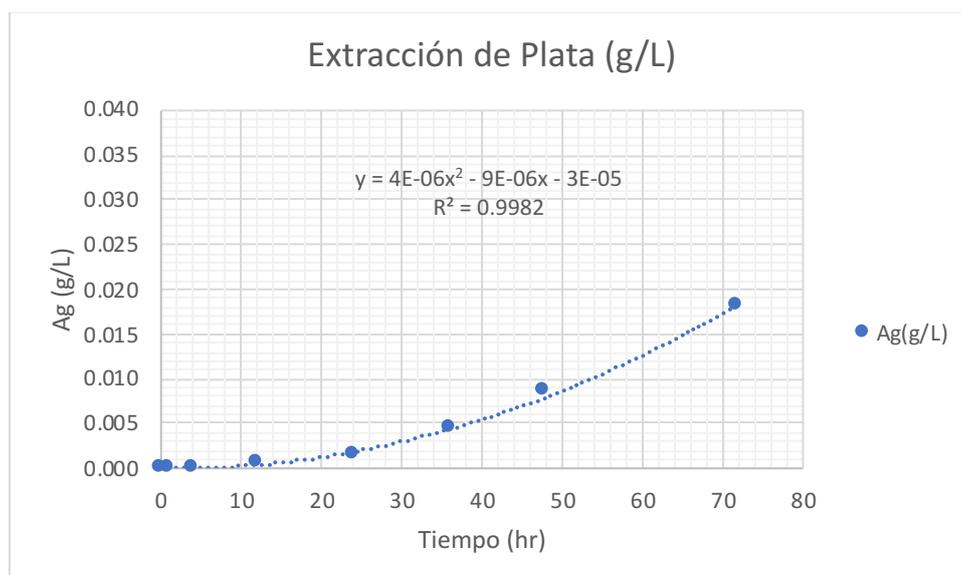
Cinética de extracción y recuperación de oro con 70 ppm NaCN

Tiempo hr	Ag(g/L)	g (Ag)	Recup. (%Ag)
0	0.0000	0.0000	0.000
1	0.0000	0.0000	0.004
4	0.0001	0.0002	0.016
12	0.0004	0.0012	0.088
24	0.0014	0.0041	0.301
36	0.0044	0.0132	0.963
48	0.0085	0.0254	1.860
72	0.0182	0.0546	4.00

En la tabla 14 la extracción de plata en 48 horas es de 0.0085 g/L de oro con una recuperación del 1.860%, mientras que en 72 horas alcanza 0.0182 g/L de oro en la solución con una extracción del 4.00%.

Figura 12

Extracción de plata vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN

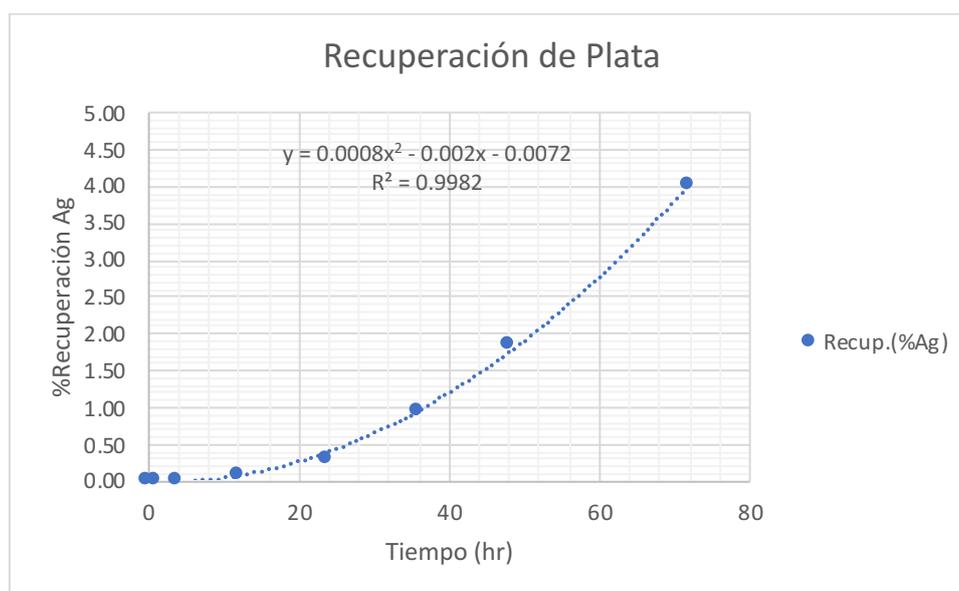


De la figura 12 la curva de extracción de plata en gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -4 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 + -9 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas}) + -3 \times 10^{-5}$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9982$ ($r=0.9991$).

Figura 13

Recuperación de plata vs tiempo de tratamiento para 70 ppm NaCN



De la figura 11 la curva de recuperación de plata en porcentaje (%) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{Recuperación Au (\%)} = 0.0008(\text{tiempo horas})^2 - 0.002(\text{tiempo horas}) - 0.0072$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9982$ ($r=0.9991$).

4.1.3.4. Resultado de la recuperación de la Segunda Prueba lixiviación en botella 70 ppm

NaCN.

Tabla 15

Balace metalúrgico de la cianuración con 70 ppm NaCN

Peso	kg o L	Ley		Contenido Metálico		Recuperación	
		g/t o g/m ³ (Ag)	g/t o g/m ³ (Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza	2.00	682.56	81.04	1.37	0.16	100	100
Solución	3.00	18.19	52.09	0.05	0.16	4.00	96.40
Relave	2.00	655.35	2.92	1.31	0.01	96.00	3.60
Cab.Cal	2.00	682.56	81.04	1.37	0.16	100.00	100.00

En la tabla 11 la calidad de la concentración de plata es de 18.19 g/m³, con una recuperación del 4.00%, para el oro es de 52.09 g/m³ con una recuperación del 96.40%. mientras en el relave tiene un desplazamiento del 682.56 g/t de plata del 96.00% y para el oro de 1.31 g/t con un 3.60%.

4.1.4. Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm NaCN

4.1.4.1. Condiciones de la Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm NaCN.

Las condiciones de la tercera prueba de cianuración se muestran en la siguiente tabla 10.

Tabla 16
Condiciones de la primera cianuración 100 ppm NaCN

Dato	Especificación	Unidades	
Muestra	Lodo Hidratado		
%Sólidos		40	%
Peso de la Muestra		2000	g/L
Volumen Total de Solución		3000	mL
Fuerza de Cianuro		100	ppm
Densidad del lodo		1.150	g/cm ³
Densidad de Pulpa		1150	g/L
Tiempo de Cianuración		48	horas

4.1.4.2. Consumo de Cal y Cianuro de sodio de la Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm NaCN.

Las consideraciones a tener en cuenta para el análisis del consumo de cianuro se tienen los siguientes:

El factor = volumen*0.025%.

NaCN Remanente = AgNO₃ consumido * El factor.

NaCN Agregar= gramos iniciales (0.59 g equivalente a 100 ppm) - NaCN Remanente.

Ppm CN Remanente= (NaCN Remanente / volumen) *1000000.

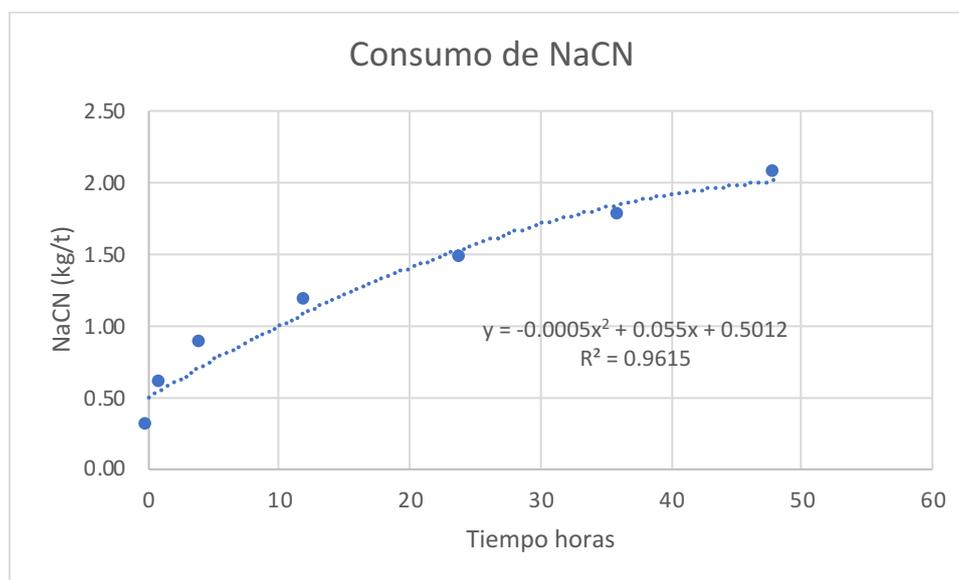
Ppm CN Consumido= ppm inicial - ppm CN Remanente.

Tabla 17
Consumo de CaO y NaCN para 100 ppm

Tiempo (hr)	pH	NaCN (g)	CaO(g)	NaCN (kg/t)	Δ NaCN (kg/t)	CaO(kg/t)	Δ CaO (kg/t)
0	8.48	0.51	1.00	0.26	0.26	0.50	0.50
1	8.48	0.51	1.00	0.26	0.51	0.50	1.00
4	8.17	0.51	1.00	0.26	0.77	0.50	1.50
12	8.53	0.51	1.00	0.26	1.02	0.50	2.00
24	8.94	0.51	1.00	0.26	1.28	0.50	2.50
36	9.63	0.51	1.00	0.26	1.53	0.50	3.00
48	10.12	0.51	1.00	0.26	1.79	0.50	3.50

De la tabla 13 el consumo de CaO en 48 horas es de 3.50 kg/t, mientras que el cianuro de sodio es de 1.79 kg/t

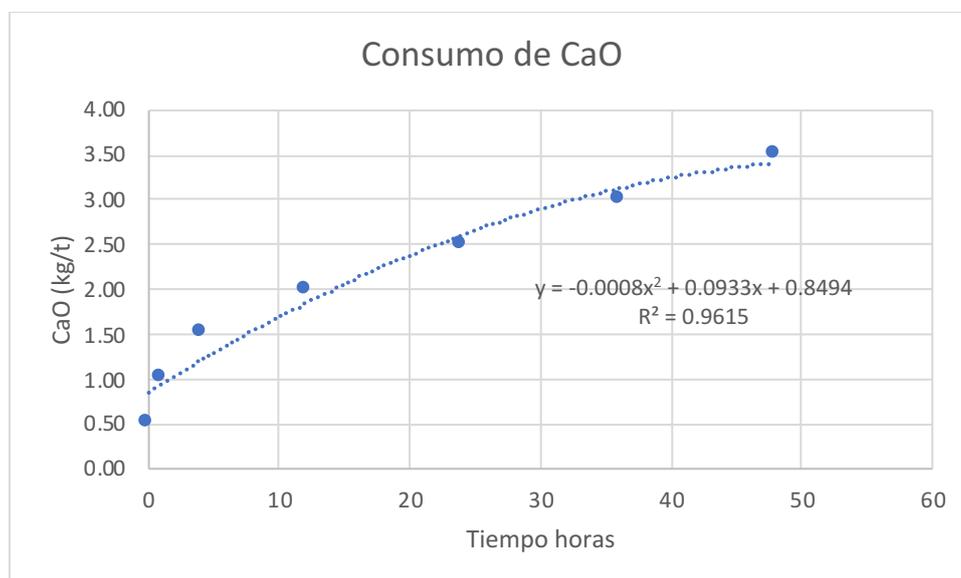
Figura 14
Consumo de NaCN con 100 ppm NaCN



De la figura 14 la curva de consumo de NaCN en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{NaCN(g/t)} = -0.0005(\text{tiempo horas})^2 + 0.055(\text{tiempo horas}) + 0.5012$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9615$ ($r=0.9806$).

Figura 15
Consumo de CaO con 100 ppm NaCN



De la figura 7 la curva de consumo de CaO en kilogramo por tonelada de mineral (kg/t) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$\text{CaO(g/t)} = -0.0008(\text{tiempo horas})^2 + 0.0933(\text{tiempo horas}) + 0.8494$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9615$ ($r=0.9806$).

4.1.4.3. Cinética Cianuración de la Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm NaCN.

c) Cinética de Cianuración del Oro.

Tabla 18

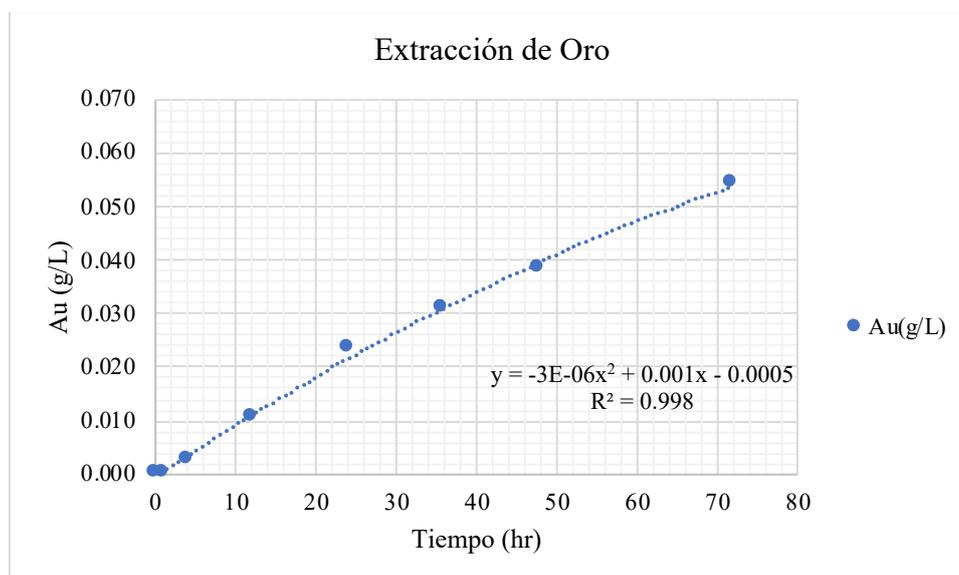
Cinética de extracción y recuperación de oro con 100 ppm NaCN

Tiempo hr	Au(g/L)	g (Au)	Recup.(%Au)
0	0.0000	0.000	0.000
1	0.0003	0.001	0.588
4	0.0027	0.008	4.881
12	0.0107	0.032	19.622
24	0.0234	0.070	42.675
36	0.0308	0.093	56.318
48	0.0386	0.116	70.432
72	0.0543	0.163	99.130

En la tabla 18 la extracción de oro en 48 horas es de 0.0386 g/L de oro con una recuperación del 70.432%, mientras que en 72 horas alcanza 0.0543 g/L de oro en la solución con una extracción del 99.13%.

Figura 16

Curva de Extracción de oro vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN

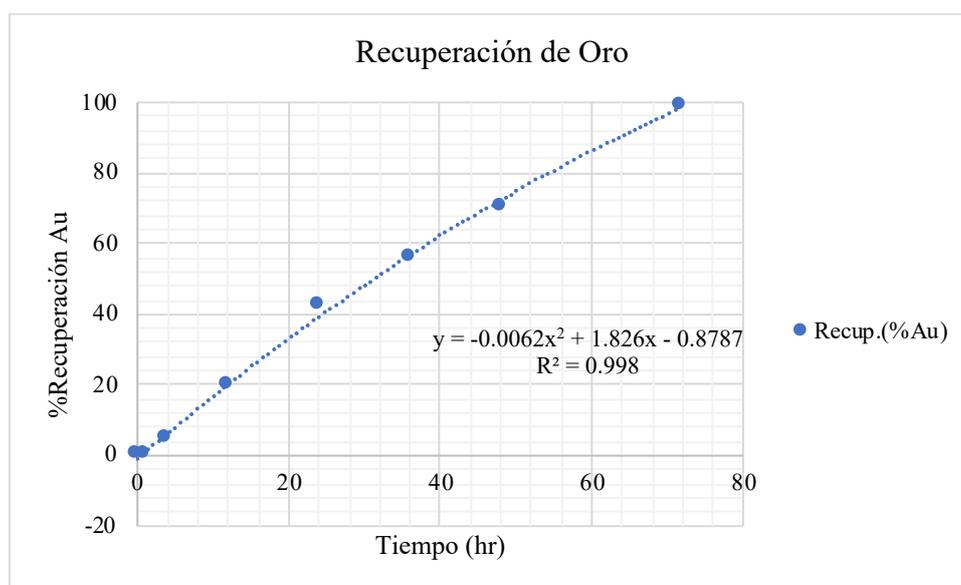


De la figura 16 la curva de extracción de oro en gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -3 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 + 0.001(\text{tiempo horas}) - 0.0005$, para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.998$ ($r=0.9989$).

Figura 17

Curva de recuperación de oro vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN



De la figura 17 la curva de recuperación de oro en gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -0.0062(\text{tiempo horas})^2 + 1.826(\text{tiempo horas}) - 0.8787$ para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.998$ ($r=0.9989$).

d) Cinética de Cianuración del Plata.

Tabla 19

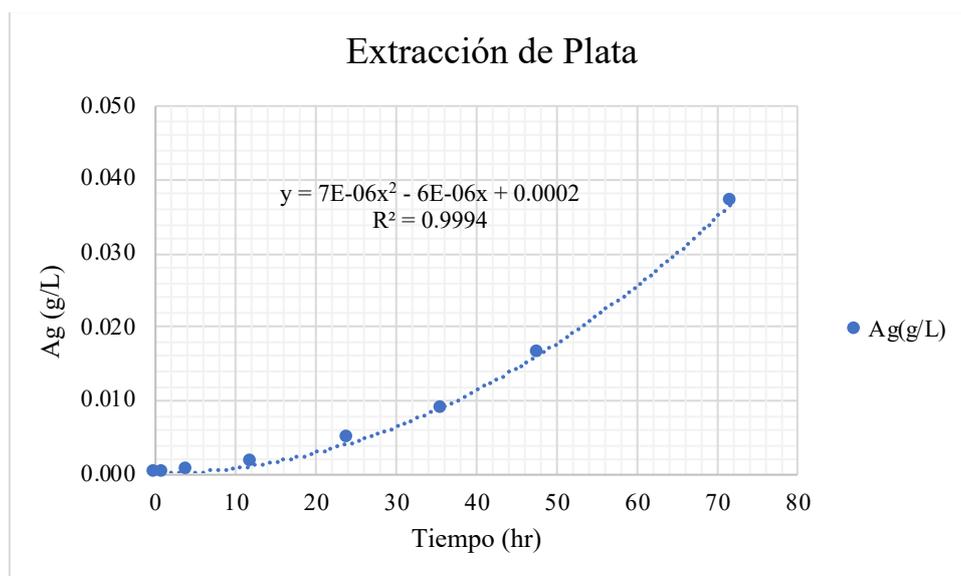
Extracción y Recuperación de Plata Tercera Prueba 100 ppm NaCN

Tiempo hr	Ag(g/L)	g (Ag)	Recup.(%Ag)
0	0.0000	0.000	0.000
1	0.0000	0.000	0.011
4	0.0003	0.001	0.075
12	0.0016	0.005	0.344
24	0.0046	0.014	1.000
36	0.0088	0.026	1.911
48	0.0163	0.049	3.535
72	0.0370	0.111	8.030

En la tabla 19 la extracción de plata en 48 horas es de 0.0163 g/L de plata con una recuperación del 3.535%, mientras que en 72 horas alcanza 0.0370 g/L de plata en la solución con una extracción del 8.030%.

Tabla 20

Curva de Extracción de Plata vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN



De la figura 20 la curva de extracción de plata en gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = -7 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas})^2 - 6 \times 10^{-6}(\text{tiempo horas}) + 0.0002$, para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9994$ ($r=0.9997$).

Tabla 21

Curva de Recuperación de Plata vs Tiempo Tercera Prueba 100 ppm NaCN



De la figura 21 la curva de recuperación de plata en gramos por litro en la solución (g/L) en función del tiempo está en relación a la siguiente ecuación:

$Au(g/L) = 0.0016(\text{tiempo horas})^2 - 0.0012(\text{tiempo horas}) + 0.0459$, para un coeficiente de correlación al cuadrado de $R^2 = 0.9994$ ($r=0.9997$).

4.1.4.4. Resultado de la recuperación de la Tercera Prueba lixiviación en botella 100 ppm

NaCN.

Tabla 22

Balance metalúrgico de la cianuración con 100 ppm NaCN

	Peso	kg o L	Ley		Contenido Metálico		Recuperación	
			g/t o g/m ³ (Ag)	g/t o g/m ³ (Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza		2.00	691.98	82.14	1.38	0.16	100	100
Solución		3.00	37.05	54.29	0.11	0.16	8.03	99.13
Relave		2.00	636.50	0.72	1.27	0.00	91.97	0.87
Cab.Cal		2.00	691.98	82.14	1.38	0.16	100.00	100.00

En la tabla 22 la calidad de la concentración de plata es de 37.05 g/m³, con una recuperación del 8.03%, para el oro es de 54.29 g/m³ con una recuperación del 99.13%. mientras en el relave tiene un desplazamiento del 691.98 g/t de plata del 91.97% y para el oro de 0.72 g/t con un 0.87%.

4.1.5. Resultados de las Pruebas de Cianuración en Botellas.

4.1.5.1. Consumo de Cianuro de Sodio y Oxido de Calcio.

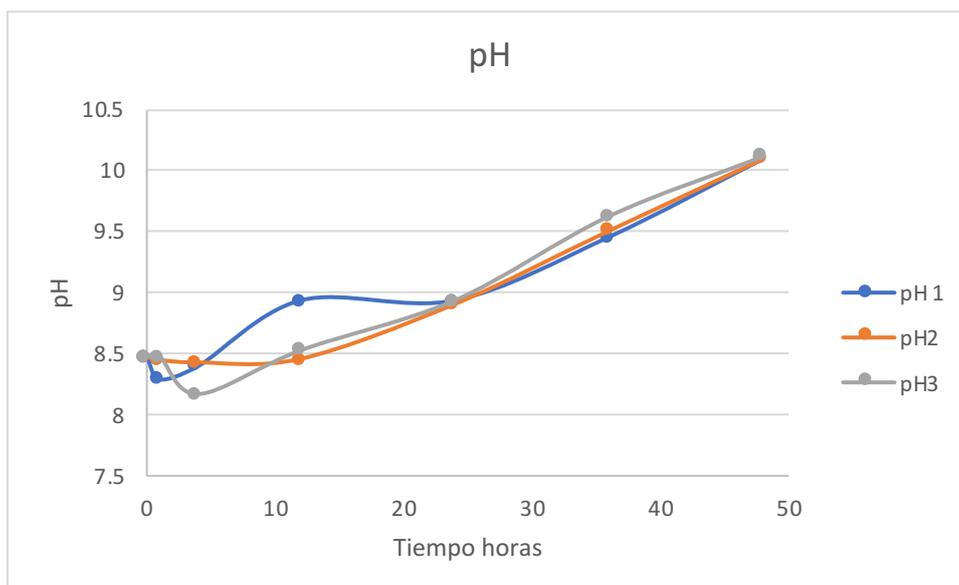
Tabla 23

Consumo de CaO y NaCN a 50, 70 y 100 ppm

Tiempo (hr)	pH ₁	50 ppm		pH ₂	70 ppm		pH ₃	100 ppm	
		NaCN (kg/t) ₁	CaO (kg/t) ₁		NaCN (kg/t) ₂	CaO (kg/t) ₂		NaCN (kg/t) ₃	CaO (kg/t) ₃
0	8.48	0.15	0.50	8.48	0.21	0.50	8.48	0.30	0.50
1	8.29	0.29	1.00	8.45	0.41	1.00	8.48	0.59	1.00
4	8.4	0.44	1.60	8.43	0.62	1.60	8.17	0.89	1.50
12	8.94	0.58	2.30	8.46	0.82	2.25	8.53	1.18	2.00
24	8.94	0.73	2.80	8.91	1.03	2.75	8.94	1.48	2.50
36	9.46	0.87	3.30	9.51	1.23	3.25	9.63	1.77	3.00
48	10.1	1.02	4.00	10.1	1.44	3.95	10.12	2.07	3.50

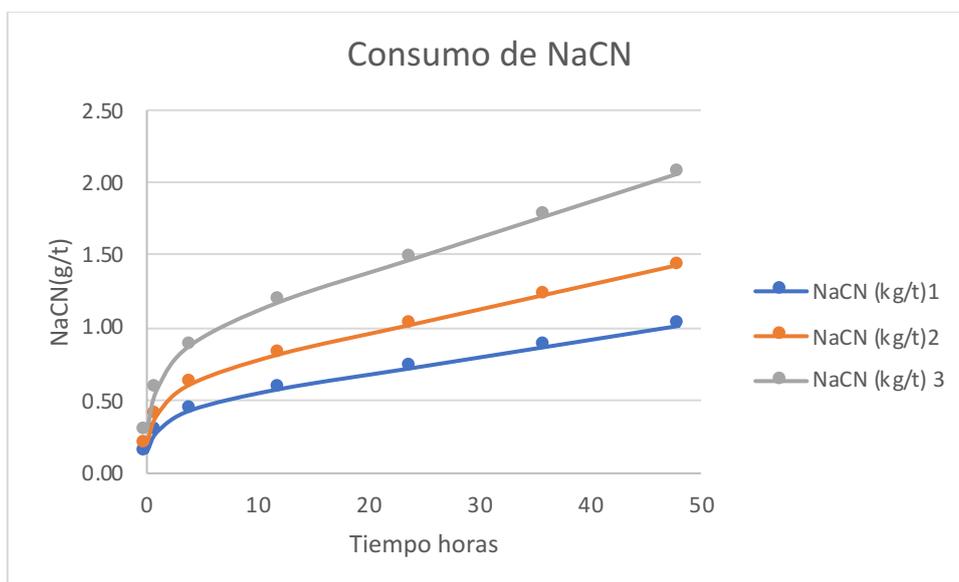
En la tabla 23 para la primera prueba a 50 ppm de NaCN se tiene un consumo de 1.02 kg/t de cianuro de sodio por tonelada metrica de mineral, con un consumo de 4.00 kg/t de cal por tonelada metrica a un pH de 10.1. Para una fuerza de 70 ppm de NaCN se tiene un consumo de 1.44 kg/t de NaCN por tonelada metrica de mineral con 3.95 kg/t cal por tonelada metricas de mineral a un pH de 10.1. Mientras que para 100 ppm de fuerza de cianuro de sodio se tiene 2.07 kg/t de cianuro de sodio por tonelada metrica del mineral, con 3.50 kg/t de cal a un pH de 10.12.

Figura 18
Curva de pH en el tiempo



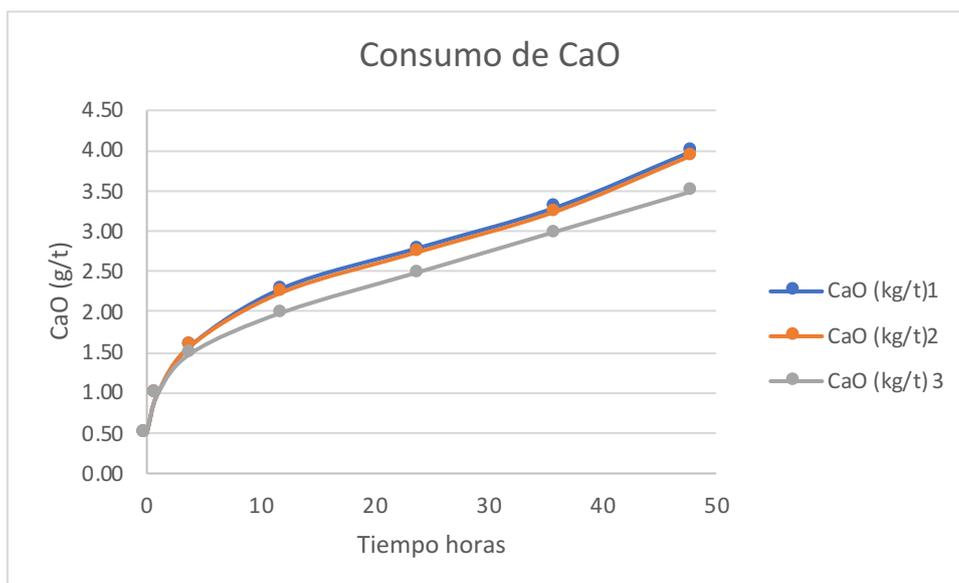
En la figura 18 en la curva del pH en el tiempo de mejor control se encuentra en la tercera prueba realizada, seguida de la segunda prueba y de menor eficiente en la primera prueba realizada.

Figura 19
Curva de Consumo de NaCN en el tiempo



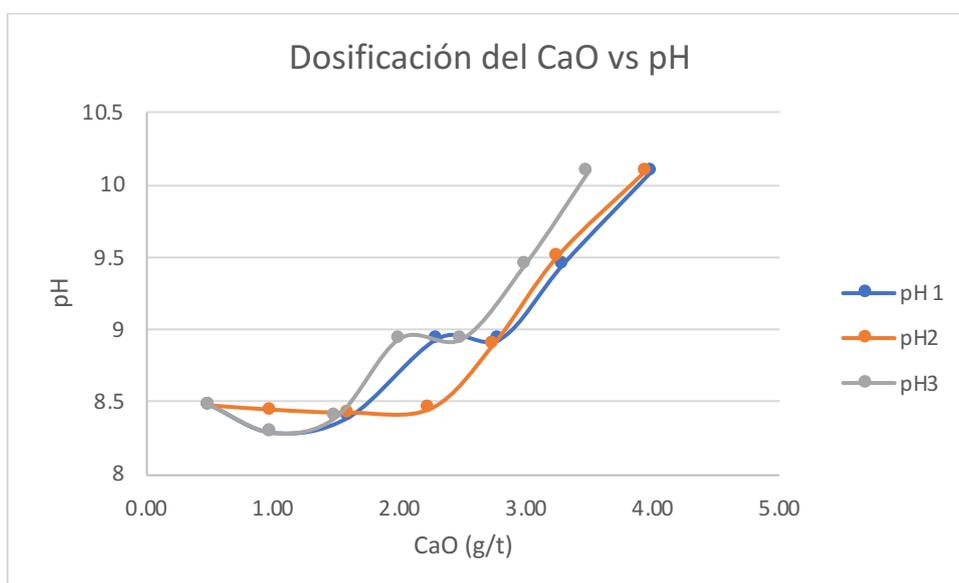
En la figura 19 el menor consumo de NaCN se encuentra en la primera prueba realizada, seguida de la segunda prueba y de mayor consumo en la tercera prueba realizada.

Figura 20
Curva de consumo de CaO en el Tiempo



En la figura 20 el menor consumo de cal se encuentra en la tercera prueba realizada, seguida de la segunda prueba y de mayor consumo en la primera prueba realizada.

Figura 21
Curva de pH en función a la dosificación de CaO



En la figura 11 en la curva de pH en la tercera prueba se tiene un mejor control de pH, seguido de la segunda prueba y menor eficiente en la primera prueba realiza.

Tabla 24
Extracción y recuperación de oro y plata

ppm	Cabeza		Extracción		Relave		Recuperación (%)		Consumo	
	g/t(Ag)	g/t(Au)	g/m ³ (Ag)	g/m ³ (Au)	g/t(Ag)	g/t(Au)	Ag	Au	Cal (kg/t)	NaCN (kg/t)
50	679.20	80.88	11.45	51.76	662.09	3.25	2.53	95.99	4.00	1.02
75	682.56	81.04	18.19	52.09	655.35	2.92	4.00	96.40	3.95	1.44
100	691.98	82.14	37.05	54.29	636.50	0.72	8.03	99.13	3.50	2.07

En la tabla 16 para la primera prueba con una concentración de cianuro de sodio de 50 ppm se tiene una extracción de 11.45 g/m³ de plata y 51.75 g/m³ de oro con una recuperación de 2.53% para la plata, 95.99% para el oro con un consumo de cianuro de sodio de 1.02 g/t y CaO de 4.00 g/t. En la segunda prueba con una fuerza de 75 ppm de cianuro de sodio se tiene una extracción de 18.19 g/m³ de plata y 52.09 g/m³ de oro con una recuperación de 4.00% para la plata, 96.40% para el oro con un consumo de cianuro de sodio de 1.44 g/t y CaO de 3.95 g/t. En la tercera prueba con una concentración de cianuro de sodio de 100 ppm se tiene una extracción de 37.05 g/m³ de plata y 54.29 g/m³ de oro con una recuperación de 8.03% para la plata, 99.13% para el oro con un consumo de cianuro de sodio de 2.07 g/t y CaO de 3.50 g/t.

4.1.5.2. Tiempo de Extracción y Recuperación de Oro y Plata.

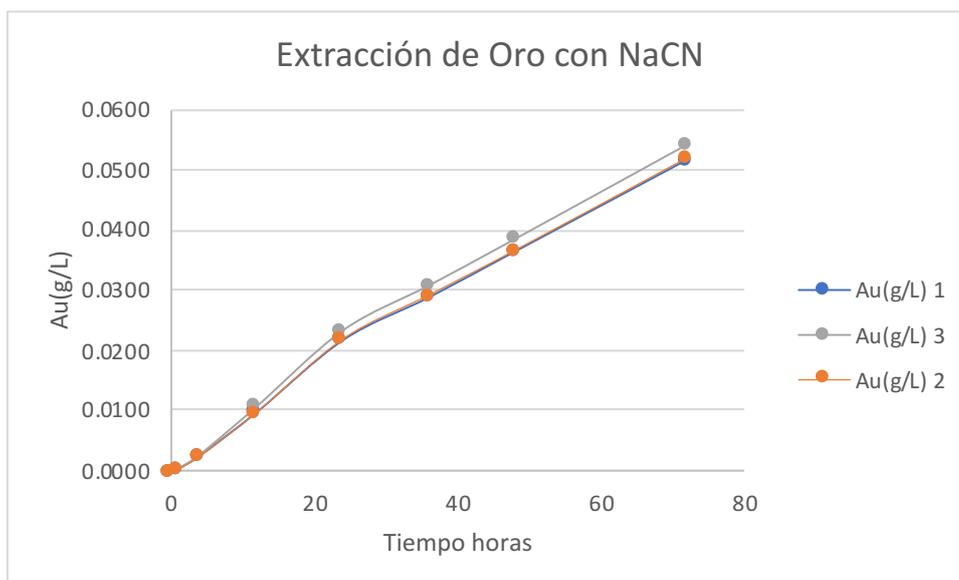
Tabla 25
Extracción y Recuperación de Oro

Tiempo hr	Au(g/L) 1	Recup. (%Au) 1	Au(g/L) 2	Recup. (%Au) 2	Au(g/L) 3	Recup. (%Au) 3
0	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
1	0.0003	0.55	0.0003	0.51	0.0003	0.59
4	0.0025	4.62	0.0024	4.43	0.0027	4.88
12	0.0098	18.14	0.0097	18.05	0.0107	19.62
24	0.0217	40.32	0.0219	40.60	0.0234	42.67
36	0.0289	53.53	0.0292	54.14	0.0308	56.32
48	0.0365	67.68	0.0367	67.91	0.0386	70.43
72	0.0518	95.99	0.0521	96.40	0.0543	99.13

En la tabla 25 para un periodo de 72 horas para primera prueba se tiene 0.0518 g/L de oro con una recuperación del 95.99%, mientras que para la segunda prueba se tiene una concentración de oro en la solución de 0.0521 g/L de oro con una recuperación de 96.40%, para la tercera prueba se tiene una concentración de 0.0518 g/L de oro con una recuperación del orden del 99.13%.

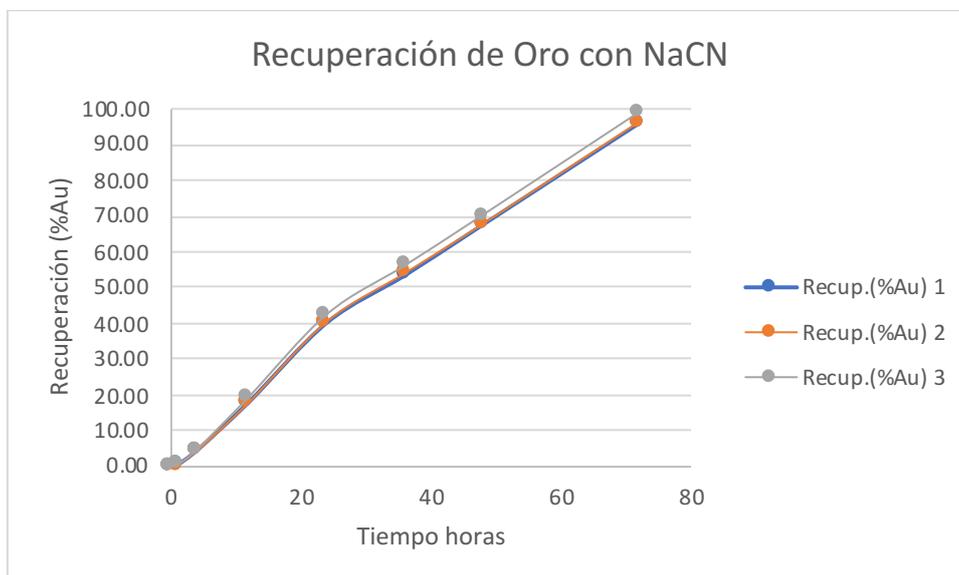
En un tiempo de 48 horas para primera prueba se tiene 0.0365 g/L de oro con una recuperación del 67.68%, mientras que para la segunda prueba se tiene una concentración de oro en la solución de 0.0367 g/L de oro con una recuperación de 67.91%, para la tercera prueba se tiene una concentración de 0.0386 g/L de oro con una recuperación del orden del 70.43%.

Figura 22
Curva de Extracción de Oro vs Tiempo



De la figura 22 en la curva de extracción de oro se tiene una mejor extracción en la tercera prueba seguido de la segunda prueba de extracción y primera prueba de extracción.

Figura 23
Curva de Recuperación de Oro vs Tiempo



De la figura 23 en la curva de recuperación de oro, la mejor recuperación de oro se tiene en la tercera prueba seguido de la segunda prueba y seguido de la primera prueba.

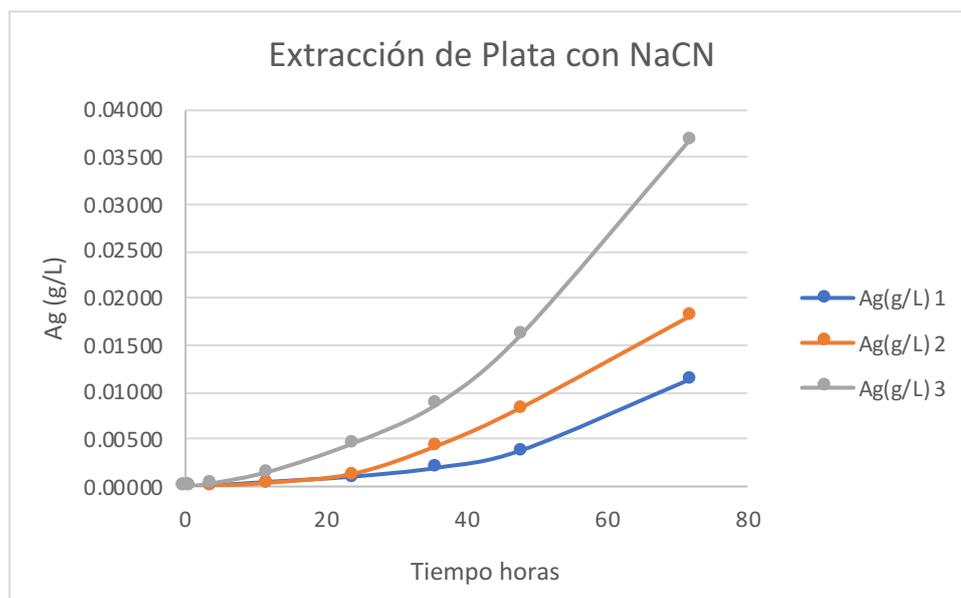
Tabla 26
Extracción y Recuperación de Plata

Tiempo hr	Ag(g/L) 1	Recup. (%Ag) 1	Ag(g/L) 2	Recup. (%Ag) 2	Ag(g/L) 3	Recup. (%Ag) 3
0	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
1	0.00002	0.01	0.00002	0.00	0.00005	0.01
4	0.00012	0.03	0.00007	0.02	0.00035	0.08
12	0.00050	0.11	0.00040	0.09	0.00159	0.34
24	0.00106	0.23	0.00137	0.30	0.00461	1.00
36	0.00201	0.44	0.00438	0.96	0.00882	1.91
48	0.00390	0.86	0.00847	1.86	0.01631	3.54
72	0.01145	2.53	0.01819	4.00	0.03705	8.03

En la tabla 26 para un periodo de 72 horas en la primera prueba se tiene 0.01145 g/L de plata con una recuperación del 2.53%, mientras que para la segunda prueba se tiene una concentración de plata en la solución de 0.01819 g/L de plata con una recuperación de 4.00%, para la tercera prueba se tiene una concentración de 0.03705 g/L de plata con una recuperación del orden del 8.03%.

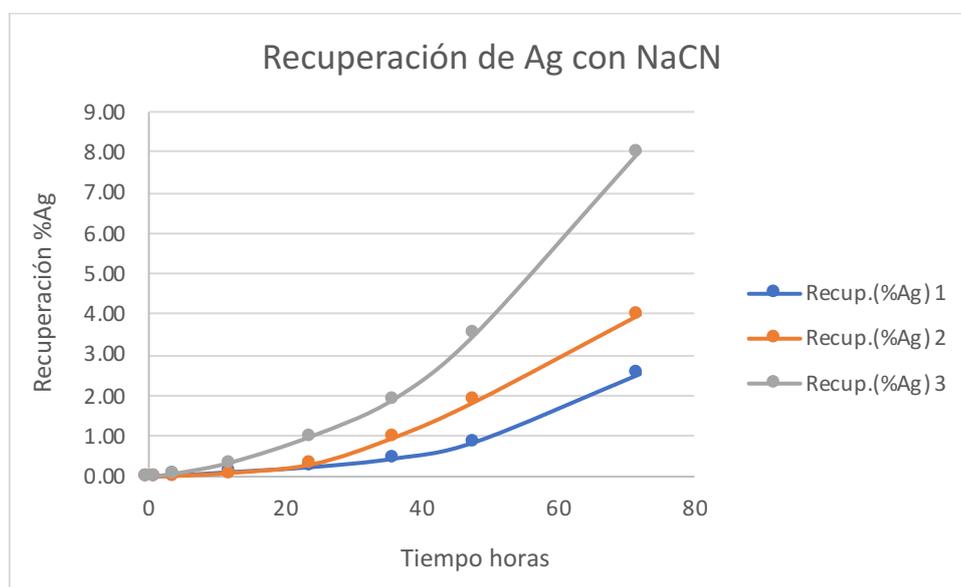
En un tiempo de 48 horas para primera prueba se tiene 0.0039 g/L de plata con una recuperación del 0.86%, mientras que para la segunda prueba se tiene una concentración de plata en la solución de 0.00847 g/L de plata con una recuperación de 1.86%, para la tercera prueba se tiene una concentración de 0.01631 g/L de plata con una recuperación del orden del 3.54%.

Figura 24
Curva de Extracción de Plata vs Tiempo



En la figura 24 en la curva de extracción para la plata en la tercera prueba se tiene una mejor, seguida por la segunda prueba y menor extracción la primera prueba.

Figura 25
Curva de Recuperación de Plata vs Tiempo



En la figura 25 en la curva de recuperación para la plata en la tercera prueba se tiene una mejor, seguida por la segunda prueba y de menor recuperación primera prueba.

4.2. Contrastación de Hipotesis.

4.2.1. Contrastación de Hipótesis General

H1: Con una cianuración a los lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, nos permitirá extraer de oro y plata en una proporción adecuada en la unidad minera la zanja.

H0: Con una cianuración a los lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, no permitirá extraer de oro y plata en una proporción adecuada en la unidad minera la zanja.

a) Análisis de regresión: Au(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t).

Tabla 27

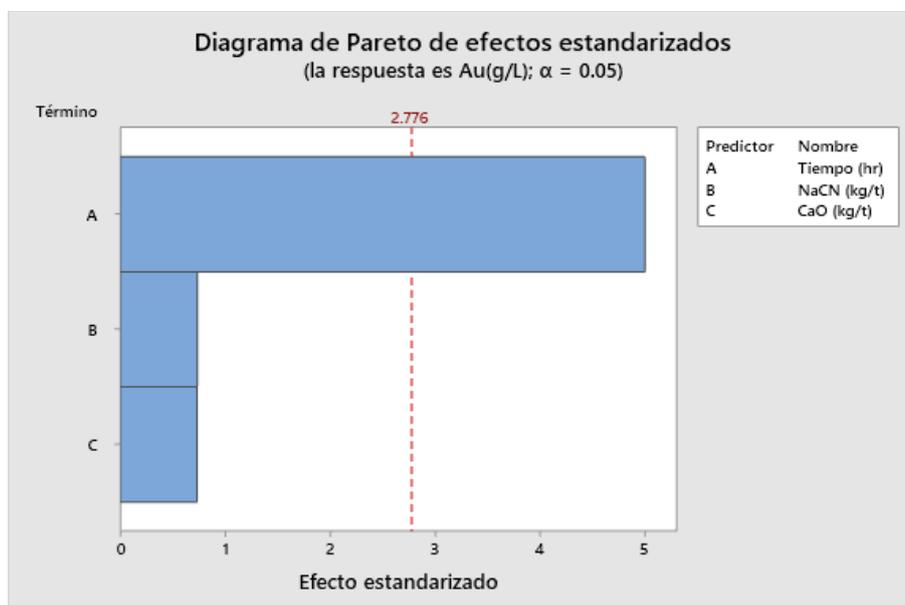
Análisis de Varianza de Au(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0.002809	0.000936	287.94	0.000
Tiempo (hr)	1	0.000081	0.000081	25.03	0.007
NaCN (kg/t)	1	0.000002	0.000002	0.54	0.501
CaO (kg/t)	1	0.000002	0.000002	0.54	0.505
Error	4	0.000013	0.000003		
Total	7	0.002822			

De la tabla 27 en el análisis de varianza para la concentración de oro gramos por litro, el tiempo tiene un valor de p calculado de 0.007 menor a 0.05 siendo significativamente estadísticamente con una confiabilidad del 95%, mientras que para la concentración del cianuro de sodio y oxido de cal kg/t p calculado es 0.54 mayor a 0.05, no tiene influencia significativamente estadísticamente para una confiabilidad del 95%.

Figura 26

Diagrama de Pareto para la concentración de Au(g/L) en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)



De la figura 26 para la concentración de oro gramos por litro tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.776, mientras que para cianuro de sodio y oxido de calcio la barra B y C es menor a 2.776, por lo que no tiene efecto significativo.

b) Análisis de regresión: Recup.(%Au) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Tabla 28

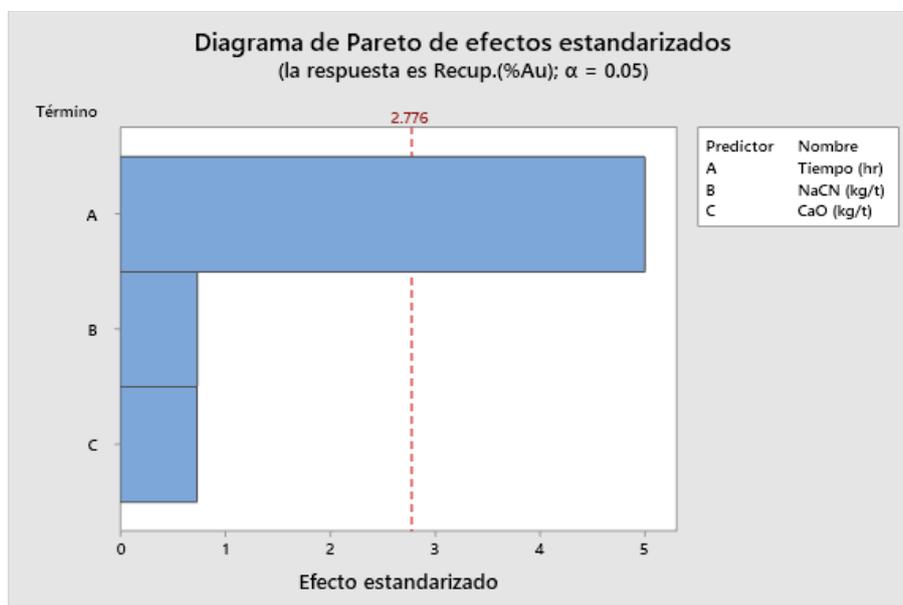
Análisis de Varianza de Recup(%Au) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	9367.53	3122.51	287.94	0.000
Tiempo (hr)	1	271.41	271.41	25.03	0.007
NaCN (kg/t)	1	5.91	5.91	0.54	0.501
CaO (kg/t)	1	5.81	5.81	0.54	0.505
Error	4	43.38	10.84		
Total	7	9410.91			

De la tabla 28 en el análisis de varianza para la recuperación de oro, el tiempo en horas tiene un valor de p calculado de 0.007 menor a 0.05 siendo significativamente estadísticamente con una confiabilidad del 95%, mientras que para la concentración del cianuro de sodio y oxido de cal kg/t p calculado es 0.541 y 0.505 mayor a 0.05, no tiene influencia significativamente estadísticamente para una confiabilidad del 95%.

Figura 27

Diagrama de Pareto para la recuperación Au en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)



De la figura 27 para la recuperación de oro tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.776, mientras que para cianuro de sodio y oxido de calcio la barra B y C es menor a 2.776, por lo que no tiene efecto significativo.

c) Análisis de regresión: Ag(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Tabla 29

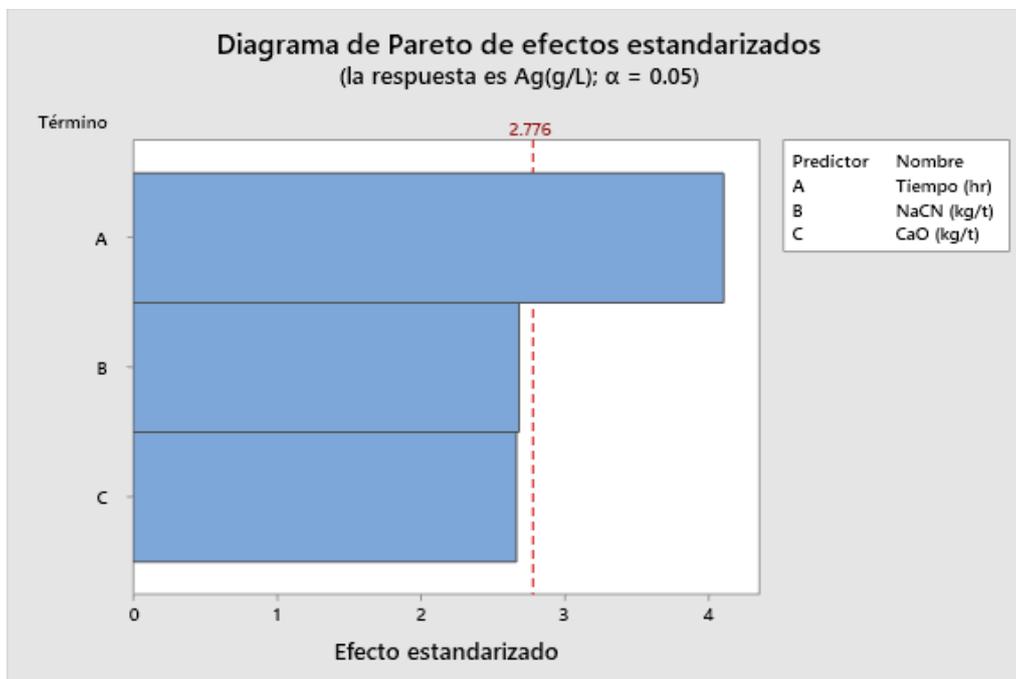
Análisis de Varianza de Ag(g/L) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0.001140	0.000380	175.36	0.000
Tiempo (hr)	1	0.000037	0.000037	16.87	0.015
NaCN (kg/t)	1	0.000016	0.000016	7.21	0.055
CaO (kg/t)	1	0.000015	0.000015	7.12	0.056
Error	4	0.000009	0.000002		
Total	7	0.001149			

De la tabla 29 en el análisis de varianza para la concentración de plata gramos por litro, el tiempo tiene un valor de p calculado de 0.015 menor a 0.05 siendo significativamente estadísticamente con una confiabilidad del 95%, mientras que para la concentración del cianuro de sodio y oxido de cal kg/t p calculado es 0.055 y 0.056 mayor a 0.05, no tiene influencia significativamente estadísticamente para una confiabilidad del 95%.

Figura 28

Diagrama de Pareto para la concentración de Ag(g/L) en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)



De la figura 28 para la concentración de la plata tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.776, mientras que para cianuro de sodio y oxido de calcio la barra B y C es menor a 2.776, por lo que no tiene efecto significativo.

d) Análisis de regresión: Recup.(%Ag) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)*Tabla 30*

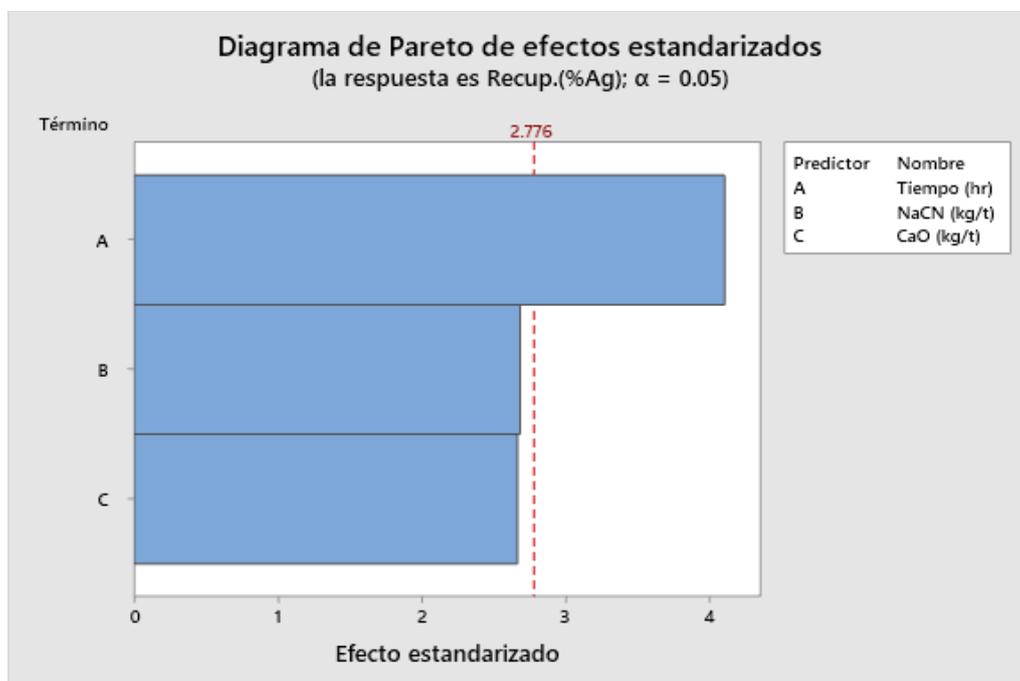
Análisis de Varianza de la Recup.(%Ag) vs. Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	53.5770	17.8590	175.36	0.000
Tiempo (hr)	1	1.7177	1.7177	16.87	0.015
NaCN (kg/t)	1	0.7340	0.7340	7.21	0.055
CaO (kg/t)	1	0.7249	0.7249	7.12	0.056
Error	4	0.4074	0.1018		
Total	7	53.9843			

De la tabla 30 en el análisis de varianza para la recuperación de oro, el tiempo en horas tiene un valor de p calculado de 0.015 menor a 0.05 siendo significativamente estadísticamente con una confiabilidad del 95%, mientras que para la concentración del cianuro de sodio y oxido de cal kg/t p calculado es 0.055 y 0.056 mayor a 0.05, no tiene influencia significativamente estadísticamente para una confiabilidad del 95%.

Figura 29

Diagrama de Pareto para la recuperación del Au en función Tiempo (hr); NaCN (kg/t); CaO (kg/t)



De la figura 29 para la recuperación de la plata tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.776, mientras que para cianuro de sodio y óxido de calcio la barra B y C es menor a 2.776, por lo que no tiene efecto significativo.

Del análisis de varianza y el diagrama de Pareto de las tablas 27, 28, 29, 30 y de las figuras 26, 27, 28, 29 el tiempo de cianuración tiene efecto significativo ya que el valor p calculado es menor que 0.05 y de la figura las barras A del diagrama de Pareto es mayor a la línea 2.776, con ello predetermina la hipótesis alternativa.

Por otra parte, la concentración del cianuro de sodio y óxido de calcio no tiene efecto significativo ya que el valor p calculado es mayor a 0.05 y la barra A del diagrama de Pareto es menor a la línea 2.776, por lo que para estas variables predeterminan la hipótesis nula.

4.2.2. Contrastación de Hipótesis Específicos.

a) **H1:** Con un el tiempo optimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, se tendrá una recuperación adecuada de oro y plata en la unidad minera la zanja.

H0: Con un el tiempo optimo empleado en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, no se tendrá una recuperación adecuada de oro y plata en la unidad minera la zanja.

Tabla 31

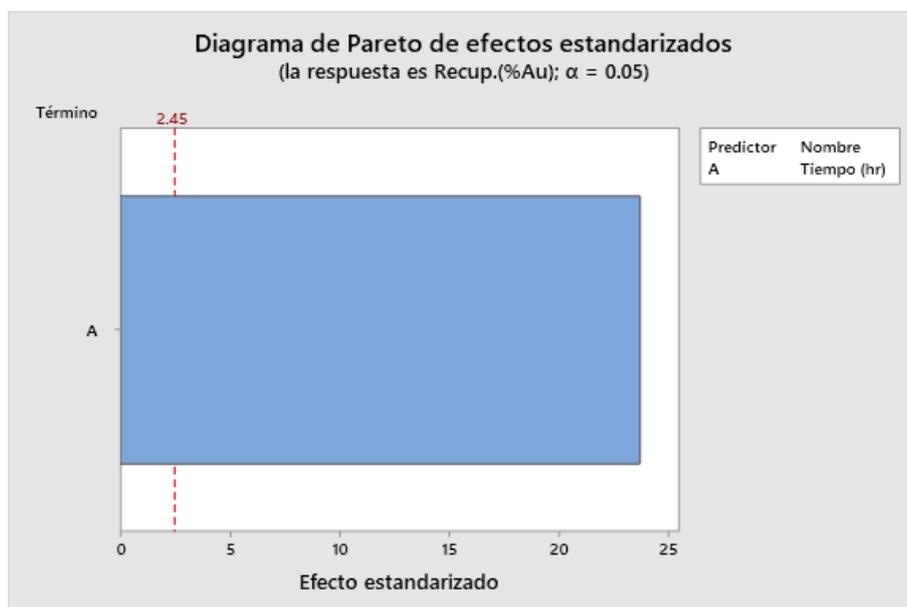
Análisis de Varianza de la recuperación del oro vs tiempo de cianuración

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	9311.66	9311.66	562.89	0.000
Tiempo (hr)	1	9311.66	9311.66	562.89	0.000
Error	6	99.26	16.54		
Total	7	9410.91			

En la tabla 27 el tiempo de cianuración tiene efecto en la recuperación del oro, ya que el p calculado es 0.00 menor que 0.05 para una confianza del 95% de probabilidad estadísticamente.

Figura 30

Diagrama de Pareto para la recuperación del oro en función al tiempo



De la figura 26 para la recuperación del oro tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.45.

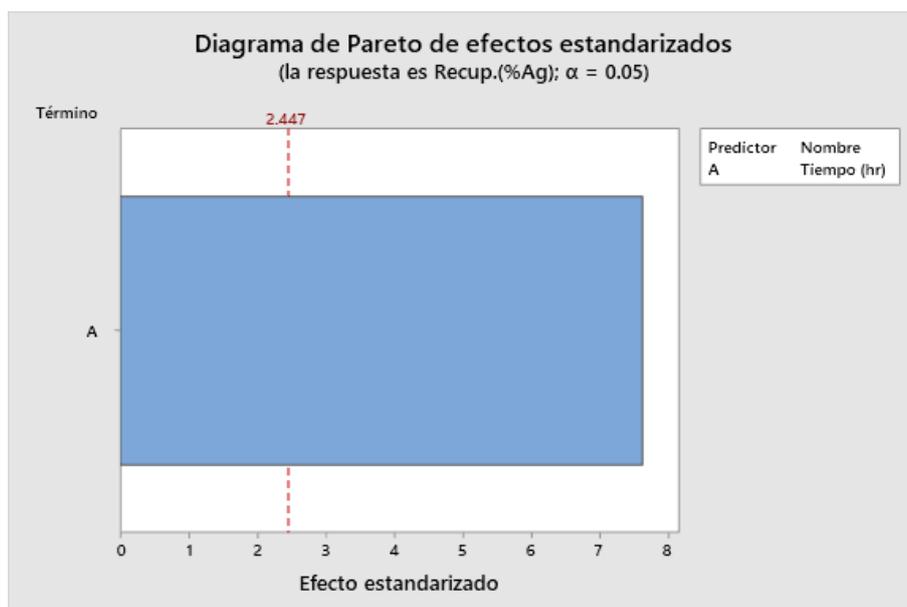
Tabla 32

Análisis de Varianza de la recuperación de la plata vs tiempo de cianuración

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	48.935	48.9349	58.15	0.000
Tiempo (hr)	1	48.935	48.9349	58.15	0.000
Error	6	5.049	0.8416		
Total	7	53.984			

En la tabla 28 el tiempo de cianuración tiene efecto en la recuperación de la plata, ya que el p calculado es 0.000 menor que 0.05 para una confianza del 95% de probabilidad estadísticamente.

Figura 31
Diagrama de Pareto para la recuperación de plata en función al tiempo



De la figura 27 para la recuperación de la plata tiene efecto el tiempo de cianuración ya que la barra A para el tiempo en horas es mayor a 2.447.

En función de análisis de varianza para la recuperación del oro, plata y el los diagramas de Pareto determina la hipótesis alternativa.

b) **H1:** Con una adecuada fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, permitirá obtener una calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.

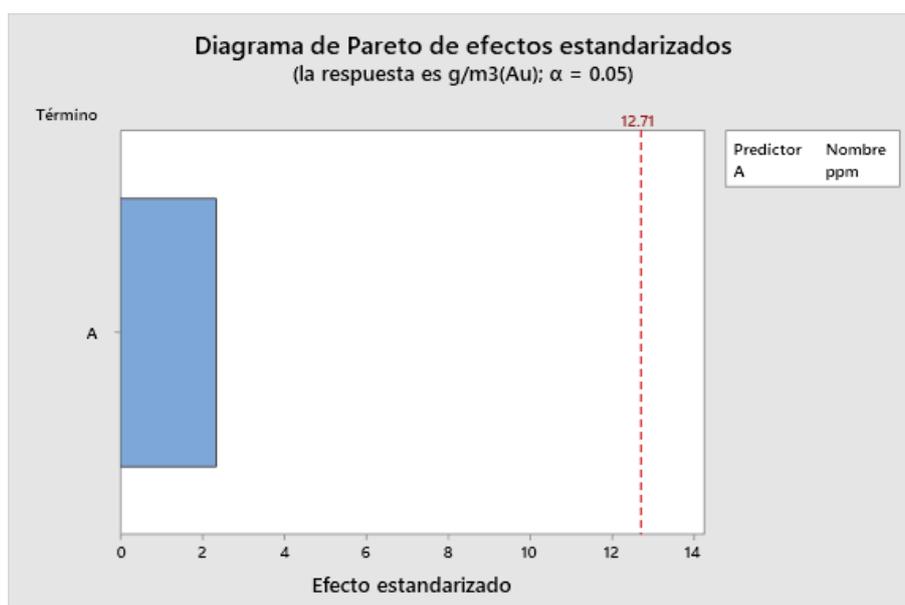
H0: Con una adecuada fuerza de cianuro de sodio en la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas, no permitirá obtener una calidad de concentración de oro y plata en la unidad minera la zanja.

Tabla 33
Análisis de Varianza de extracción de oro g/m³ con fuerza de cianuro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	3.2004	3.2004	5.49	0.257
ppm	1	3.2004	3.2004	5.49	0.257
Error	1	0.5828	0.5828		
Total	2	3.7833			

En la tabla 29 la fuerza del cianuro ppm no tiene efecto en la extracción g/m³ del oro, ya que el p calculado 0.257 es mayor que 0.05 para una confianza del 95% de probabilidad estadísticamente.

Figura 32
Diagrama de Pareto para la concentración de oro g/m³ fuerza de cianuro



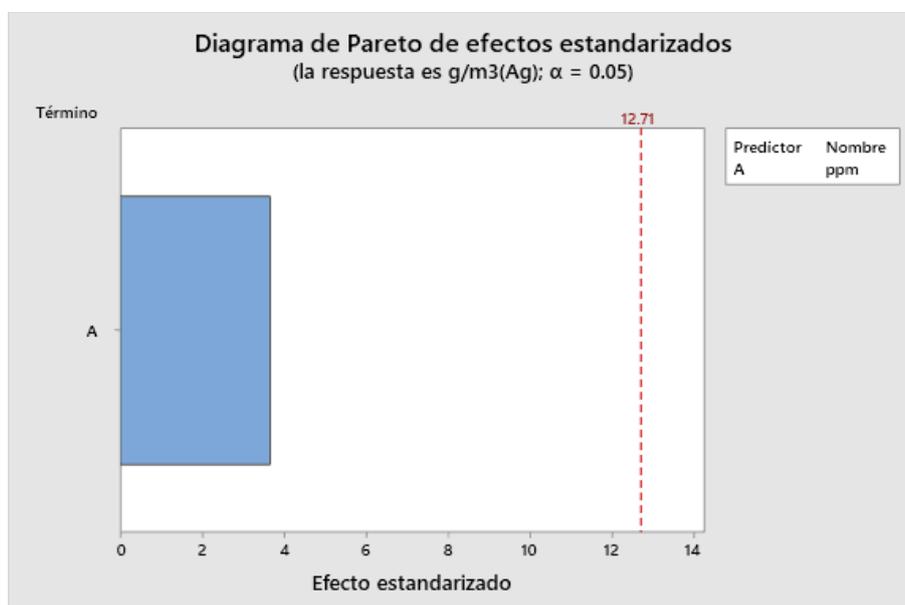
De la figura 28 para la extracción del oro g/m^3 no tiene efecto la concentración de la cianuración ppm ya que la barra A fuerza de cianuro es menor a 12.71.

Tabla 34
Análisis de Varianza de concentración de plata g/m^3 vs fuerza de cianuración

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	327.55	327.55	13.37	0.170
ppm	1	327.55	327.55	13.37	0.170
Error	1	24.49	24.49		
Total	2	352.05			

En la tabla 30 la fuerza del cianuro ppm no tiene efecto en la extracción g/m^3 de la plata, ya que el p calculado 0.170 es mayor que 0.05 para una confianza del 95% de probabilidad estadísticamente.

Figura 33
Diagrama de Pareto para la concentración de plata g/m^3 fuerza de cianuro



De la figura 29 para la extracción de la plata g/m^3 no tiene efecto la concentración de la cianuración ppm ya que la barra A fuerza de cianuro es menor a 12.71.

En función de análisis de varianza para la extracción del oro, plata en g/m^3 y el los diagramas de Pareto pre determina la hipótesis nula.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

En la cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata, con una ley de cabeza de 673.54 g/t de plata, 55.00 g/t de oro se realizaron la cianuración con las siguientes condiciones con una muestra de 2000 gramos de lodos con un volumen de solución de 3 litros, con 40% de sólidos, en un tiempo de 72 horas y con una fuerza de 50 ppm, 70 ppm y 100 ppm de cianuro de sodio.

Como resultados se obtuvo para la una concentración de cianuro de sodio de 50 ppm: consumo de cianuro de sodio de 1.02 kg/t kilogramos de cianuro de sodio por tonelada de mineral, 4.00 kg/t óxido de cal. Se tiene una concentración de oro en la solución 0.052 gramos por litro con una recuperación de 95.99%, para la plata de 0.011 g/L y una recuperación de 2.529% de plata. Mientras que, para una fuerza de 70 ppm de cianuro de sodio, se obtuvo el consumo de óxido de cal 3.95 kg/t y 1.44 kg/t para el cianuro de sodio. La concentración del oro es de 0.0521 g/L con una recuperación de 96.40% de oro. Mientras que para la plata se tiene 0.0182 g/L y 4.00% de recuperación para la plata.

Con una concentración de 100 ppm se tiene un consumo de óxido de calcio de 3.50 kg/t y 2.07 kg/t de cianuro de sodio, con ello se tiene una concentración de oro en la solución de 0.0543 g/L con una recuperación de 99.13% de oro, por otra parte, para la plata 0.037 g/L de concentración y 8.03% de recuperación.

La mejor extracción y recuperación del oro se tiene con una fuerza de 100 ppm de cianuro de sodio grafica 22 y 23. Respecto la extracción y recuperación de la plata de acuerdo la gráfica 24 y 25 se tiene con una fuerza de 100 ppm de cianuro de sodio. Respecto al consumo de cianuro se tiene un mayor consumo se tiene una fuerza de 100 ppm figura 19, mientras que el consumo de óxido de calcio se tiene menor consumo con una concentración 100 ppm cianuro de sodio

figura 20 y el control de pH de igual manera se tiene con una concentración de 100 ppm de cianuro de sodio.

Por otra parte, Rojas (2009) con una concentración de 2.4 g/L KCN en 72 horas obtuvo mayor al 90% de oro. Mientras que Arias, Fernández, Sánchez, & Lasserra (2017) a un mineral aglomerado con 0.69 kg/t de NaCN a pH de 10 a 11.5 tuvo una concentración de 100 a 160 g/cm³ con una recuperación del 63% de oro. De igual manera Diaz & Perez (2016) con 80% pasante a la malla 200, con una fuerza de 500 ppm obtuvo 86.5% de recuperación de oro y con una fuerza de 1000 ppm el 88.1% de recuperación de plata.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

En el trabajo de la “cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata” se llegaron a las siguientes conclusiones:

En la cianuración de los lodos en la concentración de oro extraído en gramos de oro por litros de solución el tiempo tiene un efecto significativo estadísticamente en la concentración (g/L) y recuperación de oro y plata ya que el valor de p calculado es menor a 0.05 y la barra A (tiempo en horas) del diagrama de Pareto es mayor de la línea 2.776, por otra parte, la dosificación de la oxido de calcio y cianuro de sodio en kilogramos por toneladas métricas del mineral no tiene efecto significativo en la concentración y recuperación de oro y plata ya que el valor de p calculada es mayor a 0.05 y los barras B(NaCN kg/t), C(CaO kg/t) del diagrama de Pareto es menor al valor de la línea 2.776.

El tiempo empleado en la cianuración de lodos respecto a la concentración (g/L) y recuperación de oro y plata tiene efectos significativos estadísticamente ya que el valor p calculado 0.000 menor a 0.05 y el valor de la barra A (tiempo horas) es mayor a 2.45 de la línea del diagrama de Pareto para el oro, mientras que para la plata la barra A (tiempo horas) es mayor a 2.447 en el diagrama Pareto.

La fuerza del cianuro de sodio en ppm no tiene efecto significativo estadísticamente en la extracción de oro y plata en la concentración en gramos por metros cúbicos en la solución, el valor de p calculado es 0.257 mayor que 0.05 para el oro y el valor A(ppm) es menor a la línea 12.71 del diagrama de Pareto, mientras que para la plata el valor p calculado es 0.170 mayor a 0.05 y en el diagrama de Pareto barra A(ppm) es menor a la línea 12.71.

6.2. Recomendaciones.

Las recomendaciones en relación del trabajo “cianuración de lodos hidratado proveniente de aguas cianuradas para la extracción de oro y plata” se tiene los siguientes.

Para una recuperación de la plata es necesario realizar un estudio microscópico con la finalidad de ver mineralogía del mineral para luego realizar el tratamiento del mineral y mejorar la recuperación de la plata.

Realizar una pre oxidación de los minerales para mejorar la extracción y recuperación del oro y plata, ya que la playa tiene una alta ley.

El uso de agentes oxidantes en la cianuración para mejor la recuperación de la plata y elevar la fuerza de cianuro para poder tener una mejor recuperación, por otra parte, duplicar el tiempo ya que la cinética de extracción de la plata es el doble del oro.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACION

7.1. Fuentes Bibliográficas.

Arias, T., Fernández, D., Sánchez, Y., & Lasserra, A. (2017). *Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba*. Obtenido de scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000300008

Bracamontes, M. (2015). Pretratamiento oxidativo en medio ácido de un concentrado refractario de sulfuros, seguido de cianuración para la extracción de oro y plata. *Maestro en ciencias de la ingeniería*. Universidad de Sonora, Hermosillo. Obtenido de <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/handle/unison/3356/bracamonteslandavazomariadelosangelesmf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrasco, S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Lima: Editorial San Marcos.

Chávez, B., & Ramírez, S. (2020). Recuperación de oro y plata por cianuración en minerales oxidados de matriz de sílice, Breapampa – Ayacucho. *Ingeniero de Minas*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24560/Ch%c3%a1vez%20Medina%2c%20Bckstem%20Sleiter%20-%20Ram%c3%adrez%20Valverde%2c%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz, L., & Pérez, L. (2016). Tratamiento de lodos provenientes de la neutralización de cianuro en el proceso de beneficio de oro en el sur del departamento de Bolívar-Colombia. *Ingeniero Ambiental*. Universidad de Córdoba, Montería Córdoba. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/472/TRATAMIENT>

O%20DE%20LODOS%20PROVENIENTES%20DE%20LA%20NEUTRALIZACI%
C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Echeverry, L. (2015). Recuperación de oro y plata mediante lixiviación electrocinética en columna a escala laboratorio. *Magister en Ingeniería de Materiales y Procesos*. Universidad nacional de Colombia, Medellín. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55255/71361814.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ferrer, H. (2019). Caracterización y tratamiento por cianuración de sulfuros para la recuperación de oro en Quío – Ambo – Huánuco – 2019. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión , Cerro de Pasco . Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1559/1/T026_70747926_T.pdf

Gobierno de España. (2013). *Lodos de depuración de aguas residuales icono barra herramientas*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>

Hisidro, H. (2018). Pruebas de cianuración en botellas y columnas para minerales mixtos auríferos en la empresa minera J.J. inversiones minera SAC en Abancay. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3202/1480_2018_isidro_perc_a_h_fain_metalurgia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Machuca, F. (2019). optimización de la recuperación de oro mediante el control de la densidad y el pH por el método carbón en pulpa en la procesadora Neal SAC. Chala-Arequipa. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11388/Machaca_Chiquimamani_Rudy_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mariluz, N. (2018). cianuración de minerales auríferos por agitación en presencia de cobre para la extracción de oro a nivel laboratorio. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3334/MARILUZ%20BENITES%2C%20NOIMI%20OLINDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marsden, J., & Lain, C. (2006). *The chemistry of gold extraction*. Colorado: Society for mining, metallurgy and exploration, inc.
- Minera La Zanja S.R.L. (2007). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto La Zanja* . Obtenido de Ministerio de energía y minas: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/estudios/lazanja/Texto.pdf>
- Misari, S. (2010). *Metalurgia del Oro*. Lima: Editorial San Marcos.
- Parella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.
- Rojas, N. (2009). Recuperación de oro y plata desde residuos ferríticos mediante cianuración. *Grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Metalurgia*. Universidad de concepción, Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/1778/1/TESIS%20RECUPERACI%C3%93N%20DE%20ORO%20Y%20PLATA%20DESDE%20RESIDUOS%20FERR%C3%8DTICOS.Image.Marked.pdf>
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: Editorial San Marcos.
- Vargas, J. (2015). *Metalurgia del Oro y la Plata*. Lima: Editorial San Marcos.

ANEXOS

Anexo 1 Localización



Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos

NACN (g)					
Tiempo(hr)	pH	AgNO ₃ (mL)	Remanente(g)	Agregar (g)	CaO(g)
0					
2					
4					
12					
24					
36					
48					
72					

Datos	Especificación	Unidad
Muestra		
Fecha de Inicio		
Fecha Final		
%Sólido		%
Peso de Muestra		g
Volumen total de solución		mL
Fuerza de cianuro		Ppm
Gravedad específico		
Densidad de pulpa		g/L
Tiempo de Cianuración		horas

Descripción	Ag	Au
	g/t o g/m ³	g/t o g/m ³
Cabeza		
Solución		
Cola		

Anexo 3 Prueba a 50 ppm

botella 1		FACTOR 0.75					
tiempo (Hrs)	Ph	AgNO3 ml	NaCN Remanente (gr)	NaCN Agregar (gr)	Cal Agregar (gr)	ppm CN Remanente	ppm CN Consumido
0	8.48	0	0	0.29	1	50	
1	8.29	0	0	0.29	1	0	50
4	8.40	0	0	0.29	2	0	50
12	8.94	0	0	0.29	4	0	50
24	8.94	0	0	0.29	10	0	50
36	9.46	0	0	0.29	10	0	50
48	10.1	0	0	0.29	4	0	50
72	-	0	0			0	50

Peso	kg o L	Ley		Contenido Metalico		Recuperación	
		g/(t o m ³)(Ag)	g/(t o m ³)(Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza kg	2.00	679.20	80.88	1.36	0.16	100	100
Solución L	3.00	11.45	51.76	0.03	0.16	2.53	95.99
Relave kg	2.00	662.09	3.25	1.32	0.01	97.47	4.01
Cab.Cal	2.00	679.20	80.88	1.36	0.16	100.00	100.00

Anexo 4 Prueba a 70 ppm

botella 1		FACTOR 0.75					
tiempo (Hrs)	Ph	AgNO3 ml	NaCN Remanente (gr)	NaCN Agregar (gr)	Cal Agregar (gr)	ppm CN Remanente	ppm CN Consumido
0	8.48	0	0	0.41	1	70	
1	8.45	0	0	0.41	1	0	70
4	8.43	0	0	0.41	2	0	70
12	8.46	0	0	0.41	4	0	70
24	8.91	0	0	0.41	10	0	70
36	9.53	0	0	0.41	10	0	70
48	10.1	0	0	0.41	4	0	70
72	-	0	0			0	70

Balance metalúrgico para 70 ppm

Peso	kg o L	Ley		Contenido Metalico		Recuperación	
		g/(TM o m ³)(Ag)	g/(t o m ³)(Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza	2.00	682.56	81.04	1.37	0.16	100	100
Solución	3.00	18.19	52.09	0.05	0.16	4.00	96.40
Relave	2.00	655.35	2.92	1.31	0.01	96.00	3.60
Cab.Cal	2.00	682.56	81.04	1.37	0.16	100.00	100.00

Anexo 5 Prueba a 100 ppm

botella 1		FACTOR 0.75					
tiempo (Hrs)	Ph	AgN O3 ml	NaCN Remanente (gr)	NaCN Agregar (gr)	Cal Agregar (gr)	ppm CN Remanente	ppm CN Consumido
0	8.48	0	0	0.59	1	100	
1	8.48	0	0	0.59	1	0	100
4	8.17	0	0	0.59	1	0	100
12	8.53	0	0	0.59	1	0	100
24	8.94	0	0	0.59	1	0	100
36	9.63	0	0	0.59	1	0	100
48	10.12	0	0	0.59	1	0	100
72	-	0	0			0	100

Balance metalúrgico para 100 ppm

Peso	kg o L	Ley		Contenido Metalico		Recuperación	
		g/(t o m ³)(Ag)	g/(t o m ³)(Au)	g(Ag)	g(Au)	g(Ag)	g(Au)
Cabeza	2.00	691.98	82.14	1.38	0.16	100	100
Solución	3.00	37.05	54.29	0.11	0.16	8.03	99.13
Relave	2.00	636.50	0.72	1.27	0.00	91.97	0.87
Cab.Cal	2.00	691.98	82.14	1.38	0.16	100.00	100.00